

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENS

X ЮБИЛЕЙНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПИЩЕВАЯ И МОРСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ»

X ANNIVERSARY INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE "FOOD AND MARINE BIOTECHNOLOGY"

<i>Алимова А.О., Мезенова О.Я., Некрасова Ю.О.</i> Оценка биопотенциала и перспектив использования крилевых гидролизатов.....	3
<i>Базарнова Ю.Г., Аронова Е.Б.</i> Об организации подготовки специалистов-биотехнологов в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого	9
<i>Байдалинова Л.С., Баженов Е.А.</i> Протеолитическая активность ферментных препаратов из пищеварительных органов полупроходных и пресноводных рыб	14
<i>Баротова М.А., Мезенова О.Я.</i> Установление сроков годности сушеных рыборастворительных снеков на основе мясокостного рыбного сырья.....	21
<i>Быстревская Е.А., Землякова Е.С.</i> Использование метода математического моделирования для разработки рецептуры пастилы, предназначенной для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний	26
<i>Вихров Д.В., Агафонова С.В.</i> Определение безвредности образцов обогащенных вареных колбас с помощью культуры инфузорий <i>Tetrahymena pyriformis</i>	32
<i>Игнатова Т.А., Подкорытова А.В., Баскакова Ю.А., Мулянова М.П.</i> Новые данные о биологической активности экстрактов из красных водорослей (<i>Rhodophyceae</i>) и способах их получения	40
<i>Каленик Т.К., Текутьева Л.А., Сон О.М., Сенотрусова Т.А., Ли Н.Г.</i> Методические и биотехнологические подходы к биотрансформации кормового витамина А	50
<i>Каленик Т.К., Текутьева Л.А., Подволоцкая А.Б., Разгонова М.П., Сенотрусова Т.А., Табакаева О.В., Мелишкевич Ю.И.</i> «Точки кипения» и «Точки роста» в процессе обучения магистрантов УГСН 19.00.00 Промышленная экология и биотехнологии и влияние Азиатско-Тихоокеанского региона (Вьетнам, Северная Корея, Китай)	55
<i>Король С., Мезенова О.Я.</i> Обоснование рецептуры и технологии желированного биопродукта, предназначенного для повышения стрессоустойчивости организма	60
<i>Лютлова Е.В., Ушанова Е.А.</i> Маркетинговые исследования по изучению спроса на безлактозное мороженое	66
<i>Мащенко З.Е., Бахарев В.В., Русских Я.М.</i> Влияние эритромицина на рост микроорганизмов активного ила	70
<i>Мезенова О.Я., Байдалинова Л.С., Агафонова С.В., Мезенова Н.Ю., Волков В.В., Верхотуров В.В.</i> Биопотенциал низкомолекулярных пептидов вторичного рыбного и мясного сырья и перспективы его использования в функциональном питании.....	74
<i>Мезенова О.Я., Пьянов Д.С., Агафонова С.В., Мезенова Н.Ю., Волков В.В.</i> Оценка аминокислотной сбалансированности продуктов гидролиза вторичного рыбного сырья в качестве альтернативного источника протеинов для комбикормов индустриальной аквакультуры	79
<i>Муравьева Н.А., Байдалинова Л.С.</i> Изменение функционально-технологических свойств фарша рубленых мясных полуфабрикатов (котлет) при использовании порошка топинамбура	84
<i>Некрасова Ю.О., Мезенова О.Я.</i> Обоснование использования в спортивном питании специализированных добавок, полученных из коллагенсодержащего рыбного сырья	95
<i>Нигматуллина И.М., Агафонова С.В.</i> Разработка рецептуры десертного крема повышенной биологической ценности	101

<i>Орлов И.О., Землякова Е.С.</i> Исследование процесса ферментативного гидролиза опорно-каркасных и покровных тканей гидробионтов с использованием различных ферментов.....	106
<i>Подкорытова А.В., Рощина А.Н., Котельникова Л.Х.</i> Научно-практические основы последовательного экстрагирования фукоиданов и энтеросорбентов из бурых водорослей	112
<i>Позднякова Д.А., Ключко Н.Ю.</i> Исследования по обогащению ржано-пшеничных хлебцев рыбным и молочным сырьем.....	118
<i>Полещук В.И., Слуцкая Т.Н., Максимова С.Н.</i> Биорегуляторы протеолиза и окисления в технологии соленой продукции из сардины тихоокеанской.....	123
<i>Рысакова К.С., Мухин В.А., Новиков В.Ю., Барышников А.В.</i> Закономерность функционирования пищеварительных протеиназ пойкило- и гомойотермных животных при различных температурах.	130
<i>Середа Н.А.</i> Анализ конструкций устройств, применяемых для установления структурно-механических свойств продуктов.....	140
<i>Сушина А.Д., Мезенова О.Я.</i> Исследование получения копильного геля на основе экстракта красных водорослей Балтийского моря.	144
<i>Чмыхалова В.Б., Ефимова М.В., Ефимов А.А., Смирнова А.А.</i> Обоснование технологии снековой продукции из кальмара с черемшой.....	152

ОЦЕНКА БИОПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИЛЕВЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ

¹Алимова Анна Олеговна, студентка

²Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

³Некрасова Юлия Олеговна, студентка

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹alimovaanna38@gmail.com;
²mezenova@klgtu.ru; ³yulya.nekrasova.1998@mail.ru

Показана высокая биологическая ценность антарктического криля. Обоснована перспективность гидролизной переработки криля с получением протеиновой и белково-минерально-хитиновой фракций. Установлен химический состав, органолептические свойства полученных фракций. Исследован аминокислотный состав белков водорастворимой протеиновой фракции. Предложены рациональные направления использования продуктов гидролиза антарктического криля.

Антарктический криль занимает ведущее положение в общем объеме планктона Антарктики. Большая численность этого рачка, его химический состав, высокая пищевая ценность, а также доступность скопления рачков для промысловых орудий лова ставит криль в число важнейших объектов современного промысла.

Мировой рекордный вылов криля (528,7 тыс. т) в Южном океане был достигнут в 1982 г., при этом вылов СССР составил 93% (491,7 тыс. т). Однако в настоящее время ежегодно осваивается не более 2,5% от разрешенного для промысла объема вылова криля, при том, что флот СССР вылавливал его в несколько раз больше, чем сегодня весь мировой флот вместе взятый [1].

На сегодняшний день реальный вылов криля, ведущийся в основном норвежскими и китайскими судами, не превышает 600 тыс. тонн в год. Однако данные страны уже анонсировали планы по расширению добычи антарктического криля до 2 млн. тонн в ближайшие годы и интенсивно проектируют и строят новые суда. Российские рыбаки, к сожалению, в этом промысловом районе практически не работают.

Причин, которые обуславливают в нашей стране низкий уровень освоения крилевого ресурса, несколько. Основной является практическое отсутствие его добычи в России в последние годы, трудности использования криля как сырья для обработки (быстрый автолиз, механические повреждения с существенной потерей массы при подъеме на борт и т.д.), причем в течение годового цикла биологическое состояние его существенно меняется [2].

Актуальность возобновления лова и переработки криля связана, в первую очередь, с высокой пищевой и биологической ценностью сырья. Правительство РФ своим распоряжением от 30 июня 2021г. № 1767 утвердило прилагаемый план мероприятий по реализации «Стратегии развития деятельности Российской Федерации в Антарктике до 2030 года». В рамках данного документа предусмотрено проектирование и строительство научно-исследовательского судна ледового класса для комплексных ресурсных исследований в Антарктике, а также модернизация и переоборудование крупнотоннажного промыслового судна для лова криля.

В рамках антарктической экспедиции предполагается проводить биологические исследования и мониторинг окружающей среды. Кроме того, запланированы ежегодные комплексные экспедиционные исследования ресурсов криля и экосистемы Южного океана. В план мероприятий включено проведение регулярных комплексных ресурсных экспедиций в атлантическом, тихоокеанском и индоокеанском секторах Антарктики для оценки состояния запасов криля. Предусматривается разработка научно обоснованных рекомендаций и стратегии по эффективному освоению криля,

подготовка документов по технологии изготовления из него пищевой, кормовой и технической продукции, биологически активных веществ [3].

Мясо криля является уникальным белковым продуктом. Так в 100 граммах продукта содержится 10,0-16,0% белка (табл. 1), причём белок криля усваивается на 96 %-97 %, так как содержит практически все незаменимые аминокислоты в равных количествах (для сравнения, белок мяса усваивается на 75 %-77 %) [4].

Таблица 1

Химический состав отдельных частей криля представлен [4]

Исследуемые объекты	Влага, %		Липиды, %		Азотистые белковые вещества, %	
	До нереста	После нереста	До нереста	После нереста	До нереста	После нереста
Цельный криль	76,6	81,5	6,7	3,8	16,4	13,7
Головогрудь	76,0	81,0	8,3	4,7	12,1	11,6
Шейка	76,8	80,2	4,6	2,9	16,4	14,2
Мясо шейки	77,8	82,8	4,1	2,1	16,3	14,0
Внутренности	77,0	79,5	8,4	3,9	12,4	11,6
Панцирь	75,2	76,9	7,1	3,2	14,6	13,5

При исследовании аминокислотного состава белков мяса криля установлено, что оно содержит весь набор аминокислот и богато такими незаменимыми аминокислотами как метионин, аргинин, лизин, треонин, лейцин, фенилаланин. Также отмечается высокое содержание дикарбоновых аминокислот – глутаминовой и аспарагиновой [1].

Таблица 2

Содержание некоторых минеральных элементов в криле, мг/кг сырой массы [7, 8]

Наименование	Пределы колебания	Среднее
Fe	5,0-40,9	16,0
Mn	0,4-2,2	1,3
Zn	7,0-28,0	18,0
Cr	4,0-42,0	24,0
Ni	0,7-5,0	2,0
Co	0,3-2,0	0,9
Sr	6,4-49,1	28,0
Pb	0,4-2,6	1,5
Cd	0,4-2,9	1,3

Липиды антарктического криля имеют видовую специфичность, они содержат много ненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов и стероидов [5].

Большую ценность представляет криль в качестве источника минеральных элементов, в том числе важнейших биогенных элементов, которые входят в состав ферментов, витаминов, гормонов. В криле определено свыше 30 макро- и микроэлементов [6] (табл. 2).

Панцирные покровы и все скелетные образования состоят из хитиновых структур. Хитин – это биополимер, аминополисахарид, применяемый в пищевой, косметической, медицинской, аграрной и многих других отраслях промышленности, производстве биологически активных добавок и композитных смесей. По данным разных авторов, в криле содержится 0,9-1,1% хитина. Хитин, входящий в состав панциря криля и имеющий волокнистую структуру, прочно связан с белками посредством пептидной связи, а также с минеральными веществами. Хитин, являясь нерастворимым полимером, не поддается выделению из панциря напрямую. Для его получения необходимо последовательно отделить белковую и минеральную части панциря, т.е. перевести их в растворимое состояние и удалить полностью [6].

На основании химического состава антарктического криля можно сделать вывод, что биопотенциал сырья значителен. На сегодняшний день из антарктического криля выпускают разнообразную пищевую и кормовую продукцию.

Сыромороженный фарш, получаемый из арктического криля, может перерабатываться на разнообразную пищевую продукцию – кулинарные изделия, сосиски, пельмени, соусы, супы, вареные и копченые колбасы, рыбо-крилевые крокеты, продукты для общественного питания, деликатесные продукты (аналоги креветочного мяса), консервы и др. На сегодняшний день основным направлением переработки является получение крилевой муки.

Однако из-за высокой активности автолитических ферментов и трудности сохранения качества криля после вылова его переработка в морских условиях с получением качественной продукции представляется проблемной. Замораживание криля с доставкой его на береговые предприятия для переработки не может быть оперативной из-за удаленности Антарктического региона, при этом качество сырья существенно ухудшается. Выработка фарша по технологии АтлантНИРО в морских условиях с последующим его замораживанием требует специального оборудования и объемных морозильных камер, при этом срок хранения его сильно ограничен.

Представляется рациональной в морских условиях быстрая переработка свежее выловленного криля термогидролизным способом с получением двух фракций натуральных биологически активных ингредиентов - легкоусвояемых протеинов и хитино-белково-минеральных веществ. Данные композиции могут быть использованными как пищевые компоненты при производстве протеинового и функционального питания, в качестве пищевых добавок, в составе БАД к пище.

Сущность термогидролизной технологии переработки криля заключается в глубоком термическом гидролизе сырья под действием высоких температур с последующим фракционированием, разделением и консервированием образующихся фракций обезвоживанием.

Эксперименты по получению гидролизатов из криля проводили в Центре передовых технологий использования белков кафедры пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «КГТУ». В экспериментах использовали замороженный антарктический криль, выловленный в 2020 г. в районе Антарктиды участниками научной экспедиции Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»). Высокотемпературный гидролиз криля проводили на терморекторе-автоклаве при параметрах, представленных на графике 1.

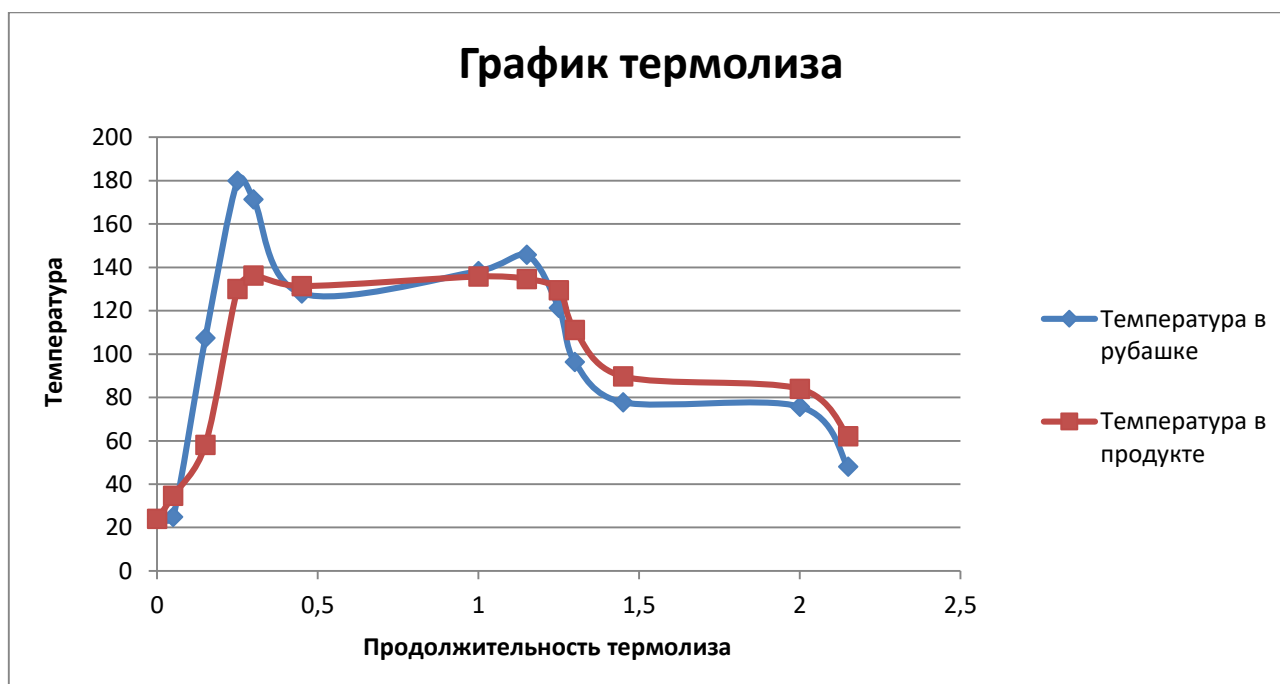


График 1 - Изменение температуры в рубашке терморектора и в продукте (крилевая масса + вода при соотношении 1 : 1)

На рис.1 представлена принципиальная комплексная схема переработки антарктического криля с применением метода глубокого гидролизного фракционирования.

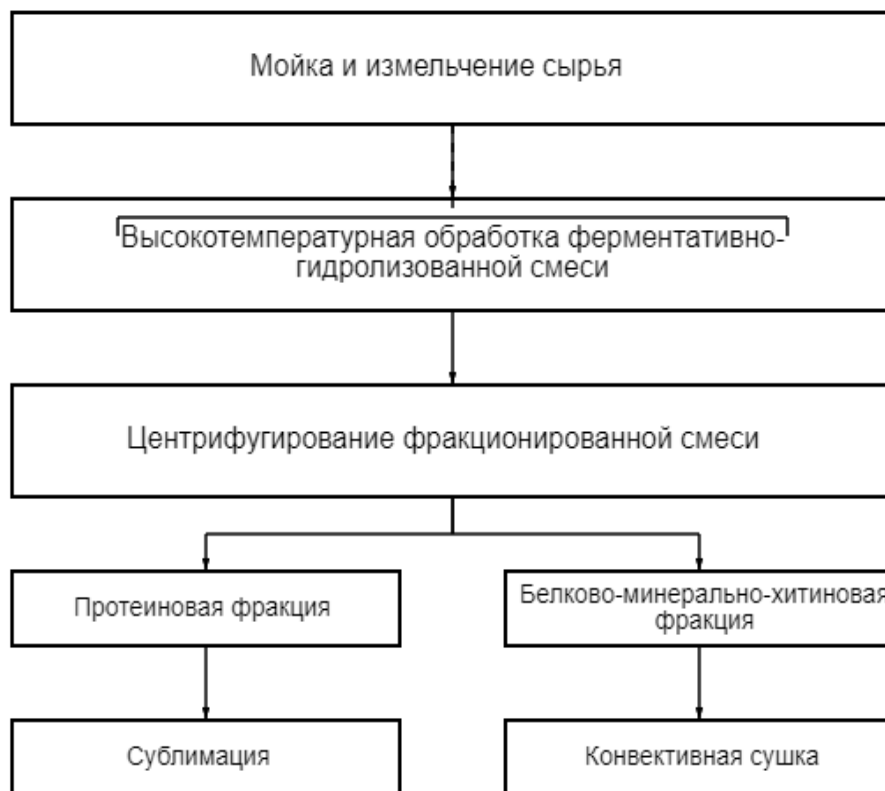


Рисунок 1- Схема переработки антарктического криля с применением метода глубокого температурного гидролизного фракционирования

В ходе эксперимента были получены протеиновая и белково-минерально-хитиновая фракции, органолептические и химические показатели которых представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Органолептические показатели фракций – продуктов гидролиза криля

Вид продукта (сухая форма)	Внешний вид	Цвет	Запах
Протеиновая водорастворимая фракция	Порошок с агломерированными частицами	Коричневый	Специфический, характерный для данного продукта, с ярко выраженным оттенком крилевой муки
Белково-минерально-хитиновая осадочная фракция	Однородный суспендированный порошок	Темно-коричневый	Специфический, характерный для данного продукта, со слабо выраженным оттенком крилевой муки

Таблица 4

Химические показатели крилевого гидролизата

	Содержание в %
Вода	12,8%
Жир	0,7%
Протеин	69,9%
Минеральные вещества	16,6%

В лаборатории Untersuchungs-, Beratungs-, Forschung Altlandsberg (консультационно-исследовательской лаборатории Альтландсберга, Германия) было проведено исследование аминокислотного состава протеиновой фракции крилевого гидролизата, результаты которого представлены в табл. 5.

Аминокислотный состав протеиновой фракции крилевого гидролизата

Название аминокислоты	Содержание, г/100 г белка	Содержание г/100 г гидролизата	Аминокислотный скор, %
Аланин	8,48	13,85	
Аргинин	3,98	6,50	
Аспаргин	0,41	0,66	
Аспарагиновая кислота	2,38	3,89	
Цитрулин	0,27	0,04	
Глутаминовая кислота	1,18	1,92	
Глицин	11,24	18,37	
Гистидин	0,35	0,58	
Изолейцин	3,59	5,87	89,75%
Лейцин	5,73	9,37	81,86%
Лизин	7,42	12,12	134,91%
Метионин	2,15	3,52	61,43%
Орнитин	5,32	8,69	
Фенилаланин	3,30	5,39	55,00%
Пролин	10,71	17,50	
Саркозин	11,36	18,56	
Серин	1,60	2,61	
Таурин	10,89	17,79	
Треонин	2,80	4,58	70,00%
Триптофан	0,40	0,65	40,00%
Тирозин	1,98	3,23	
Валин	4,46	7,29	89,20%

На основании данных табл. 5 можно сделать вывод, что крилевая водорастворимая протеиновая фракция содержит в себе все незаменимые аминокислоты, однако скоры большинства из них не превышают 100% (40-135%), за исключением лизина (134,9%), а лимитирующей аминокислотой является триптофан. Это свидетельствует о перспективности комбинирования крилевого гидролизата со многими белковыми препаратами, в том числе растительного происхождения, для повышения аминокислотной сбалансированности и прироста значений скоров незаменимых аминокислот. Среди заменимых аминокислот повышенным содержанием отличаются саркозин, пролин, глицин, аланин, таурин, орнитин, что свидетельствует о «коллагеновом» происхождении водорастворимого протеинового гидролизата и повышенном содержании структурно-механических тканей в целом криле, из которого он был получен. Установленный аминокислотный состав крилевого гидролизата определяют основные направления его использования с учетом физиологической роли отдельных аминокислот.

Глицин и саркозин (N-метилглицин) – основные аминокислоты коллагена и проколлагена – структурных белков водных биологических ресурсов. Обладают высокой биологической активностью, как нейромедиаторы и антидепрессанты. Глицин вызывает «тормозящее» воздействие на нейроны, уменьшает выделение из нейронов «возбуждающих» аминокислот, таких, как глутаминовая кислота. Саркозин - это промежуточный продукт синтеза и деградации глицина, он применяется при лечении депрессии и шизофрении, сладок на вкус, входит в состав биоразлагаемых полимеров, поверхностно-активных композиций. Физиологическая роль пролина заключается в адаптации организма к неблагоприятным условиям путем защиты белков, ферментов, ДНК и гормонов от инактивации. Пролин является осмопротектором и используется во многих фармацевтических и биотехнологических композициях. Аланин входит в состав многих биологически активных веществ организма, участвует в глюконеогенезе в печени с превращением в глюкозу (глюкозо-аланиновый цикл). Таурин играет важную роль в качестве антиоксидантного протектора в регуляции транспорта

Ca²⁺ и осмотического давления в тканях, оказывает противовоспалительное действие. Орнитин - это ключевой субстрат для синтеза пролина, полиаминов и цитруллина, является эффективным регулятором процессов утомления и восстановления организма. Все перечисленные аминокислоты являются эффективным «строительным» материалом при синтезе коллагена и соединительных тканей, входящих в состав опорно-двигательного аппарата человека [7].

Результаты экспериментальных исследований по глубокому термогидролизу криля и изучение качества образующихся в результате фракционирования продуктов позволяют рекомендовать к использованию протеиновый гидролизат и белково-минерально-хитиновую композицию, получаемые при безотходной переработке целого криля, в следующих направлениях:

1. Рынок кормов для животных и объектов аквакультуры, как востребованный сектор животноводства и рыбководства, в том числе сегмент кормового бизнеса для домашних животных. Натуральное происхождение протеиновых продуктов с незаменимыми аминокислотами и заменимыми аминокислотами, входящими в состав структурно-механических тканей, предопределяет актуальность развития данного направления.

2. Пищевой направление: специализированные продукты питания (спортивное, геродиетическое, диетическое и др.), белковые пищевые и биологически активные добавки, необходимые для компенсации дефицита целевых аминокислот и минеральных веществ. Пептидные композиции с заданным аминокислотным составом и молекулярной массой, востребованные в качестве белкового наполнителя во многих пищевых продуктах с рецептурным дефицитом белка (хлебобулочные и кондитерские изделия, соуса, заливки, эмульсионные продукты, коктейли, спортивные и энергетические напитки и др.)

3. Пищевая фармацевтика – биопродукты и специализированные БАДы к пище, получаемые путем комбинирования с другими натуральными источниками биологически активных веществ растительного и животного происхождения. Протеиново-минеральные БАДы - источники функциональных пищевых ингредиентов - перспективное направление в персонифицированном питании.

4. Биотехнологическая (микробиологическая) промышленность: пептидные композиции, входящие в состав водорастворимой фракции крилевого гидролизата, являются полноценным протеиновым источником питания многих видов микроорганизмов. Перспективно использовать их составе питательных сред в качестве источников доступного азота, углерода, водорода и аминокислот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антарктический криль. Перспективы возобновления российского промысла и переработки [Электронный ресурс]. – АТЛАНТНИРО – Режим доступа: <http://atlant.vniro.ru/>
2. Ситников Ю., Уляшев А., Доровских В. Криль – сокровище Антарктики [Текст] / Fishnews – Новости рыболовства - Россия. – август 2021.
3. Россия подготовится к атлантическому промыслу / Fishnews дайджест – Россия. – 2021. - №7(133). – С. 19.
4. Андреев М.П. Совершенствование технологии пищевого фарша из маломерных гидробионтов и вторичного сырья / М.П. Андреев; Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – Калининград: АтлантНИРО, 2014. – 238 с.
5. Основные направления комплексного использования криля / В.М. Быкова, В.П.; Быков, В.П.; Кривошеина, Л.И.; Радакова, Т.Н.; Гройсман, М.Я.; Глазунов, О.И. // Сборник научных трудов. - М.: ОНТИ ВНИРО. – 2004. – Т.143. – С.17-32
6. Антарктический криль: Справочник / Под ред. В.М. Быковой. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001.– 207 с.
7. Байдалинова Л.С. Биохимия гидробионтов: лабораторный практикум: учебник / Л. Байдалинова. - М.: Моркнига, 2017. - 335 с.

RESEARCH OF THE PRODUCTION AND USE OF KRILL HYDROLYSATES IN FOOD AND FEED BIOTECHNOLOGY

¹Alimova Anna Olegovna, student

²Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of Technical Sciences, Professor

³Nekrasova Yulia Olegovna, student

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹alimovaanna38@gmail.com; ²mezenova@klgtu.ru; ³yulya.nekrasova.1998@mail.ru

The high nutritional value of Atlantic krill has been established, its chemical composition and fishing volumes have been studied. The main ways of its processing are revealed. It has been shown that it is promising to introduce biotechnological methods in the processing of raw materials of Atlantic krill to obtain high-quality fractions or their combination - protein, protein-mineral and chitin-mineral. The essence of the technology lies in deep thermal hydrolysis of raw materials and subsequent fractionation, separation and conservation of the resulting fractions. The proposed methods of biotechnology will make it possible to rationally use raw materials and obtain products in demand.

УДК 378.046.4

ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ-БИОТЕХНОЛОГОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Базарнова Юлия Генриховна, д-р техн. наук, профессор, директор
Высшей школы биотехнологий и пищевых производств

¹Аронова Екатерина Борисовна, канд. техн. наук, доцент, доцент
Высшей школы биотехнологий и пищевых производств

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: ¹aronovae@inbox.ru

Представлена система организации комплексной подготовки специалистов-биотехнологов в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого. В Высшей школе биотехнологий и пищевых производств обучаются студенты по образовательным программам бакалавриата, магистратуры и аспирантуры в области современной биотехнологии. С 2020 года открыт постоянно действующий диссертационный совет по научной специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии). Совет присуждает ученые степени кандидата и доктора наук по техническим и биологическим отраслям науки.

Подготовка специалистов-биотехнологов в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (СПбПУ) осуществляется в Высшей школе биотехнологий и пищевых производств (ВШБиПП), которая входит в структуру Института биомедицинских систем и биотехнологий (ИБСиБ).

В 2021 году ВШБиПП отметила свой первый юбилей – пять лет со дня основания. Высшая школа создавалась как учебно-научное подразделение самого крупного в Северо-Западном регионе страны университета для подготовки квалифицированных инженерных кадров в сфере биотехнологии, биоиндустрии и развития научных исследований в сфере наук о жизни [1]. Укрупненная группа специальностей «Промышленная экология и биотехнологии» ранее не реализовывалась в СПбПУ,

поэтому это направление являлось новым и ориентировалось на создание новых образовательных программ бакалавриата, магистратуры и аспирантуры, как системы комплексной подготовки кадров в области современной биотехнологии на базе классической инженерно-политехнической образовательной платформы.

В настоящее время в ВШБиПП осуществляется подготовка специалистов для биотехнологических производств пищевой и фармацевтической промышленности, сельского хозяйства, природоохранных и здоровьесберегающих биотехнологий. Образовательные программы реализуются в рамках приоритетных направлений технологической модернизации экономики Российской Федерации – Технологической Платформы БиоТЕХ 2030.

Согласно Болонской декларации, принятой 19 июня 1999 года, одним из основных направлений деятельности в сфере высшего образования является переход на двухуровневую систему, включающую два цикла – бакалавриат и магистратуру [2]. Позднее на конференции высшего образования европейских стран было принято решение о введении третьего – докторского цикла – в общую систему образования.

В настоящее время в СПбПУ представлены все 3 цикла подготовки специалистов-биотехнологов, предусмотренных европейской системой образования. Подготовка бакалавров осуществляется по направлению 19.03.01 – Биотехнология по универсальному биотехнологическому профилю и пищевой биотехнологии очной и заочной форм обучения. Направления магистерской подготовки в Высшей школе биотехнологии и пищевых производств представлены программами «Бионанотехнология» и «Биотехнологии для растениеводства». За 5 лет в Высшей школе биотехнологии и пищевых производств подготовлено 800 бакалавров и 150 магистров, из которых 125 человек получили дипломы с отличием. Сегодня выпускники-биотехнологи успешно работают в инновационных научно-производственных компаниях («БИОКАД», «Ассоциация медицины и аналитики», Группа компаний «Алкор Био»), научно-исследовательских институтах (НМИЦ онкологии, Институте экспериментальной медицины, НИИ особо чистых биопрепаратов). Они трудятся и на крупных предприятиях пищевой промышленности (Пивоваренная компания «Балтика», группа компаний PepsiCo, Комбинат пищевых концентратов, Комбинат детского питания и др.) [1].

Качество высшего образования определяется сегодня, прежде всего, востребованностью выпускников на передовых предприятиях отрасли. Для этого необходимы следующие составляющие: высококвалифицированный преподавательский состав, современная лабораторная база, а также промышленные и научные партнерские организации, на базе которых могут быть сформированы производственно-технологические и научно-исследовательские компетенции выпускников.

В настоящее время кадровый состав ВШБиПП включает 45 научно-педагогических работников, в числе которых 9 профессоров и 20 доцентов. Положительным можно считать опыт привлечения к проведению лекционных и лабораторных занятий сотрудников профильных научных организаций-партнеров: например, один из филиалов ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Агрофизический научно-исследовательский институт, ВНИИ Сельскохозяйственной микробиологии, НИЦ «Курчатовский институт» ПИЯФ и др., а также иностранных преподавателей из «Национального медицинского университета» (Республика Казахстан, г. Алматы) и Latvia University (Латвия, г.Елгава).

Для проведения лабораторных занятий и выполнения студентами научно-исследовательских работ в ВШБиПП открылись новые лаборатории «Общая и аналитическая химия», «Органический синтез», «Микробиология и молекулярная биотехнология», «Прикладная биотехнология», «Контроль качества пищевой продукции», оснащенные современным оборудованием для выполнения учебных практикумов и НИР. Лабораторная база включает высокотехнологичные аналитические приборы, в том числе, спектрофотометры, хроматографы, микробиологическое оборудование, лабораторные биореакторы, амплификатор для выполнения ПЦР-анализа в реальном времени, систему для электрофореза и другие высокоточные приборы.

За пять лет СПбПУ подписано более 20 соглашений о сотрудничестве с ведущими научно-исследовательскими институтами и промышленными компаниями, работающими в сфере биотехнологий. Среди них НМИЦ онкологии, Институт экспериментальной медицины, НИЦ «Курчатовский институт» ПИЯФ, НИИ гриппа имени А.А. Смородинцева, ООО «Ассоциация медицины и аналитики», в тесном сотрудничестве с которыми студенты и преподаватели проводят свои научно-исследовательские разработки в области медицинской биотехнологии. Для развития прикладных

исследований в сфере агробιοтехнологий между СПбПУ, Всероссийским научно-исследовательским институтом сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ) и Агрофизическим научно-исследовательским институтом (АФИ) также заключены соглашения о сотрудничестве.

Важной составляющей повышения качества подготовки специалистов является организация программ повышения квалификации инженерных и педагогических кадров. Одним из крупных образовательных проектов ВШБиПП являлась разработка и апробация международного образовательного ресурса в области контроля качества пищевой продукции и ветеринарных заболеваний по заказу ФИОП РОСНАНО [3, 4]. По программе прошли обучение 100 слушателей из стран ЕАЭС, в числе которых несколько магистрантов-биотехнологов. В 2020 году совместно с индустриальным партнером ВШБиПП Группой компаний «Алкор Био» (г. Санкт-Петербург) была успешно реализована программа повышения квалификации «Основные принципы и методика постановки полимеразной цепной реакции» для магистрантов, обучающихся по образовательной программе «Бионанотехнология». Лекционные занятия прошли в аудиториях Высшей школы, а практические модули – на производственном участке ГК «Алкор Био». Программа вызвала большой отклик у студентов, поэтому с 2021 года она станет ежегодной для магистрантов ВШБиПП. Хочется отметить, что приборная база СПбПУ позволяет в настоящее время осуществлять практические занятия на площадке университета, что позволит существенно расширить круг обучающихся.

В 2020 году в ВШБиПП в рамках направления 19.06.01 – Промышленная экология и биотехнология открылась образовательная программа аспирантуры направленности «Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)». Образовательная программа имеет статус международной и реализуется в рамках научного центра мирового уровня «Цифровое моделирование и прогнозирование в медико-биологических системах». Программа включает такие профильные дисциплины, как контроль качества биопрепаратов, генетические методы исследований, биотехнологические процессы очистки техногенных отходов, иммунология (на английском языке), вирусология (на английском языке), инженерная энзимология и др. Необходимость открытия программы аспирантуры продиктована открытием диссертационного совета по научной специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Диссертационный совет (шифр совета У.03.01.06) открыт Приказом ректора СПбПУ №798 от 28.05.2020 года на основании решения Президиума Научно-аттестационной комиссии ФГАОУ ВО «СПбПУ». Диссертационный совет имеет право присуждать ученые степени кандидата и доктора наук по научной специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии) по двум отраслям наук – техническим и биологическим. Совет является автономным, и его работа регламентируется следующими основными документами:

- Положение о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «СПбПУ» (в последней редакции принято решением Ученого совета ФГАОУ ВО СПбПУ, протокол № 4 от 26 апреля 2021 года);
- Положение о диссертационном совете ФГАОУ ВО «СПбПУ» (в последней редакции принято решением Ученого совета ФГАОУ ВО СПбПУ, протокол № 4 от 26 апреля 2021 года);
- Положение о научно-аттестационной комиссии ФГАОУ ВО СПбПУ (в последней редакции принято решением Ученого совета ФГАОУ ВО СПбПУ, протокол № 4 от 26 апреля 2021 года).

В состав совета входит 14 человек, из них пять докторов биологических наук и восемь докторов технических наук.

Критерии, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, а также требования к научной квалификации членов совета по защите диссертаций устанавливаются не ниже аналогичных критериев и требований, установленных в соответствии с пунктом 2.1 и абзацем третьим пункта 3 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 года №127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике».

Диссертационный совет присуждает ученые степени кандидата и доктора наук, а решение о выдаче диплома об ученой степени или об отказе в выдаче диплома принимается научно-аттестационной комиссией СПбПУ и утверждается приказом ректора СПбПУ.

В СПбПУ регламентирован следующий порядок подачи документов для защиты диссертации.

1. Соискатель ученой степени лично либо посредством использования электронных сервисов представляет в отдел по работе с диссертационными советами полный комплект документов, который утвержден в Положении о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО СПбПУ. Основное отличие в документах – автореферат диссертации представляется на русском и английском языках,

оба варианта должны быть идентичны друг другу. Разрешается защита диссертации в виде научного доклада. Разрешается защита диссертации на иностранном языке, в этом случае к документам на иностранном языке прикладывается перевод на русский язык, заверенный в установленном порядке, а совет обеспечивает синхронный перевод.

2. Отдел по работе с диссертационными советами передает информацию о соискателе в структурное подразделение, при котором действует диссертационный совет, для подготовки заключения подразделения о приеме или отказе в защите диссертации в действующем совете. В ВШБиПП создан Академический совет по научной деятельности, в состав которого входят ведущие профессора и доценты. На заседании Академического совета проходит предварительное слушание работы соискателя ученой степени и готовится заключение. Как правило, на такие заседания приглашаются члены диссертационного совета, научная деятельность которых близка к теме работы соискателя.

3. Далее документы соискателя передаются в диссертационный совет, который проводит заседание с целью назначения комиссии для подготовки заключения о соответствии диссертации паспорту специальности, отсутствии некорректных заимствований, соответствии автореферата и текста диссертации основным требованиям, прописанным в нормативных документах. На следующем заседании совета заслушивается отчет комиссии и принимается решение о приеме или об отказе в приеме диссертации к защите, которое оформляется протоколом и размещается на сайте университета. Решение о приеме диссертации к защите (или отказе в приеме) должно быть принято в течение 1 месяца при подаче в совет. По диссертации на соискание ученой степени кандидата наук утверждаются кандидатуры трех оппонентов или кандидатуры двух оппонентов и ведущей организации, по диссертации на соискание ученой степени доктора наук – четырех оппонентов или трех оппонентов и ведущей организации.

4. Вся необходимая информация о соискателе и его работе размещается на сайте СПбПУ в установленном порядке и в федеральной информационной системе государственной научной аттестации (ФИС ГНА) в соответствии с приказом Минобрнауки России от 9 января 2020 г. №1.

Процедура защиты диссертации регламентирована «Положением о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «СПбПУ».

В настоящее время разрешено проводить заседания диссертационного совета в удаленном интерактивном режиме, порядок регламентируется Приказом по основной деятельности № 1135 от 31.07.2020 «Об утверждении и введении в действие Порядка проведения заседаний собственных диссертационных советов ФГАОУ ВО "СПбПУ" по защитах диссертаций в удаленном интерактивном режиме». Также разрешается участие в заседании только оппонентов в удаленном интерактивном режиме.

Диссертационный совет принимает решение о присуждении ученой степени, далее Научно-аттестационная комиссия (НАК) СПбПУ рассматривает диссертацию и аттестационное дело соискателя и принимает решение о выдаче диплома о присуждении ученой степени, либо об отказе в выдаче диплома о присуждении ученой степени и отмене решения диссертационного совета в соответствии с Положением о научно-аттестационной комиссии. Далее при положительном решении диссертационного совета и НАК СПбПУ издается приказ ректора СПбПУ о присуждении ученой степени и выдаче диплома об ученой степени (или об отказе в выдаче диплома).

В настоящее время диссертационный совет по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии) является единственным советом в Северо-западном регионе по указанной научной специальности. В 2021 году на заседаниях совета защитили диссертации на соискание ученых степеней кандидата технических наук выпускники аспирантуры СПбПУ и ИТМО, а также на соискание ученой степени кандидата биологических наук – выпускница СПбГТИ(ТУ). В сентябре состоится защита диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук.

В заключении подчеркнем, что организация комплексной подготовки специалистов-биотехнологов высшей квалификации в СПбПУ является уникальной, поскольку позволяет готовить высококвалифицированные кадры в области современных производственных биотехнологий не только для промышленных предприятий отрасли и научно-исследовательских институтов, но и для продолжения научно-исследовательской и педагогической деятельности в ведущих университетах России, что является стратегически значимым критерием формирования кадрового резерва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базарнова Ю.Г., Барсукова Н.В., Москвичева Е.В., Аронова Е.Б., Корж А.П. Высшая школа биотехнологий и пищевых производств Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого отметила пятилетний юбилей - Мясная индустрия – 2021. – № 5. – С.48-51.
2. Реформирование биотехнологического образования на основе Болонского процесса. Том I. – Москва. – Лаборатория знаний. - 2016. – 394 с.
3. Базарнова Ю.Г., Аронова Е.Б. Опыт разработки образовательных программ в области безопасности пищевой продукции // Материалы международного конгресса Биотехнология: состояние и перспективы. 25-27 февраля, 2019. - Москва. - Материалы конгресса. – 2019. – С.632-633.
4. Разработка международного образовательного ресурса в области контроля качества пищевой продукции и ветеринарных заболеваний в системе дополнительного профессионального образования / Базарнова Ю.Г., Жилинская Н.Т., Белокурова Е.С., Иванченко О.Б., Пилипенко Т.В., Смоленцева А.А., Аронова Е.Б., Семенчукова И.Ю. // Материалы докладов 52-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. В 2-х томах. – 2019. – С.198-201.

ABOUT THE ORGANIZATION OF TRAINING FOR BIOTECHNOLOGISTS AT PETER THE GREAT ST. PETERSBURG POLYTECHNIC UNIVERSITY

Bazarnova Julia, Ph.D in engineering, Professor, head of Graduated School of Biotechnology and Food Science

¹Aronova Ekaterina, Ph.D in engineering, assistant professor Graduated School of Biotechnology and Food Science

Peter the Great Saint Petersburg State Polytechnical University,
Saint-Petersburg, Russia, e-mail: ¹aronovae@inbox.ru

The system of organization of complex training for biotechnologists at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University is presented in this article. The Higher School of Biotechnology and Food Production trains students in the educational programs of bachelor's, master's and postgraduate studies in the area of modern biotechnology. Since 2020, a permanent dissertation council on the scientific specialty 03.01.06 – Biotechnology (including bionanotechnologies) has been opened. The Council awards the academic degrees of Candidate and Doctor of Sciences in the technical and biological branches of science

ПРОТЕОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ПОЛУПРОХОДНЫХ И ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ

¹Байдалинова Лариса Степановна, канд. техн. наук, профессор кафедры пищевой биотехнологии

²Баженов Елисей Александрович, аспирант

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹larisa.baydalina@klgtu.ru; ²ya.elisey2013@yandex.ru

Рассматриваются характеристики протеолитических ферментных препаратов из пищеварительных органов полупроходных рыб судак и лещ, а также выращенной в аквакультуре рыбы форель ручейная. Проводится сравнение условий выделения и протеолитической активности ферментов из указанных рыб с характеристиками ферментных препаратов из прудовых рыб. Изучено влияние ультразвуковой обработки измельченных пищеварительных органов на выходы и протеолитическую активность вырабатываемых из судака и леща ферментных препаратов. Определена протеолитическая активность сублимированных ферментных препаратов из полупроходных и прудовых рыб.

Введение

Целью настоящих исследований явилось исследование протеолитической активности ферментных препаратов, полученных на основе переработки внутренностей полупроходных рыб – леща, судака, и объекта аквакультуры ручьевой форели и сравнение свойств этих препаратов с ферментами из пищеварительных органов прудовых рыб. Во многих странах всё больше развивается тенденция использования в производстве пищевых продуктов ферментных препаратов, которые позволяют в более короткий срок создавать вкусо-ароматический букет и необходимую консистенцию, что может сократить экономические издержки предприятий. Широкое распространение имеют протеолитические ферментные препараты микробиологического синтеза. Но для рыбных продуктов более целесообразны ферменты, получаемые из гидробионтов. У всех видов рыб и других гидробионтов в мышечных волокнах содержится комплекс ферментов, реализующий главную роль биологических активных катализаторов в обмене веществ и энергии рыб. Комплекс протеолитических ферментов мышечных тканей – катепсины.

В пищеварительных органах рыб присутствуют протеолитические ферменты пепсин, трипсин, химотрипсин и низкомолекулярные пептидазы [1], а также амилолитические и липолитические ферменты, которые необходимы для переваривания корма, содержащего белки, липиды и углеводы [2].

Большое внимание уделяется в настоящее время способам получения протеолитических ферментов из рыбного сырья и отходов переработки гидробионтов на основе автопротеолиза (Черногорцев, 1973, 1990, Грачева, 2000). Ферменты выделялись из калянусной сельди (Лысова, 1971), внутренностей скумбрии, ставриды и сардинеллы (Слущкая и др, 1985 год [3]), различных быстро-созревающих рыб (Константинова, 2008 [4], Голенкова, Некрасова и др. 1988 [5], Байдалинова и Баженов 2017 [6]). Все эти технологии основаны на предварительном автопротеолизе ферментсодержащего сырья при температурах 38 - 42 °С в течение 4-6 час для выделения ферментов из клеток тканей и последующего экстрагирования их соответствующими растворителями.

Источниками ферментных препаратов могут служить также ракообразные (криль, крабы), кальмары и др. объекты. Как видно, при этих экспериментах преобладало морское и океаническое сырьё.

Цибизовой в 2007 году [7, 8] опубликованы результаты исследований по созданию технологии получения протеолитических ферментов из пищеварительных органов прудовых рыб – белого амура и толстолобика, а также карпа.

Проведённые нами исследования протеолитической активности ферментов пищеварительных органов полупроходных рыб Балтийского региона судака и леща и объекта аквакультуры пресноводной рыбы форель ручьевая показывают, что наибольшая активность в пищеварительных органах леща, как и у большинства рыб семейства карповых, определяется в щелочной зоне рН. Это зависит от морфологии пищеварительного тракта рыбы. Пищеварительные тракты у леща и прудовых рыб представляют собой малодифференцированную кишку, желудок отсутствует, а, следовательно, отсутствует или содержится в минимальных количествах желудочный фермент пепсин, который на первой стадии расщепляет белки.

В пищеварительных органах судака и форели преимущественно преобладают кислые протеиназы, так как судак и форель имеют четко обособленные желудки. При работе с высокомолекулярной массой белка следует учитывать, что на первом этапе лучше использовать экзопептидазы и в том числе пепсин, которые обеспечивают гидролиз белков на более низкомолекулярные фрагменты, которые затем гидролизуются эндопептидазами – ферментами, выделяемыми поджелудочной железой трипсином и химотрипсином, а также ферментами, продуцируемыми железами кишечника [9].

Различное строение пищеварительных органов у рыб позволяет получать из них ферменты, отличающиеся по своим свойствам, в первую очередь по специфичности действия при различных рН и температурах. В связи с изложенными аспектами создается возможность использования получаемых ферментных препаратов в той или иной области пищевой индустрии.

Важное значение при производстве ферментов имеет стоимость сырья. С этой точки зрения перспективным является использование в качестве сырьевых источников отходов от разделки рыб.

На рыбоперерабатывающих предприятиях сырьё на пищевые цели используется не более чем на 50 %, а остальная часть (продукты разделки и внутренние органы гидробионтов) не используется для пищевых продуктов или в лучшем случае, идет на производство кормовой рыбной муки и технического жира. Не исключены периодические выбросы отходов, что приводит к потерям белоксодержащего сырья и загрязнению окружающей среды [2]. Переработка пищеварительных органов рыб на сегодняшний день имеет важный экологический аспект

Методическая часть

Объектами исследования являлись пищеварительные органы полупроходных рыб Балтийского бассейна судака (*Stizostedion lucioperca*), леща (*Abramis brama*), пресноводной рыбы аквакультуры форель ручьевая (*Salmo trutta var. Fario*), относящейся к семейству лососевые (*Salmonidae*). Молодь форели ручьевой питается планктонными организмами и личинками насекомых. Пищей для взрослой форели служат мелкие ракообразные и личинки водных насекомых, ручейники, мелкие моллюски, падающие в воду насекомые, мелкие рыбы, головастики, лягушки и даже мелкие млекопитающие, неосторожно переплывающие речку. Часто они поедают рыбью икру, в том числе и свою собственную, если она недостаточно хорошо укрыта. Крупные особи не прочь полакомиться и собственной молодью. В условиях аквакультуры используются специализированные корма.

Пищеварительные органы без печени отбирались при разделке рыб. У судака изымались кишечники вместе с желудком. У леща желудок не четко обозначен, поэтому фактически отбирался кишечник. У хищной рыбы форель с выраженным желудком отбирался только кишечник с пилорическими придатками.

Отобранные кишечники и желудки очищались от содержимого, ожирков и после промывки замораживались до температуры не выше минус 18 °С, хранение мороженого сырья проводилось при температуре минус 18-20 °С. Измельчение пищеварительных органов на волчке проводилось без размораживания, так как при измельчении незамороженных кишок они просто наматывались на шнек волчка. В случае, когда пищеварительные органы перерабатывались сразу после сбора, они тоже подвергались предварительному замораживанию.

Химический состав пищеварительных органов рыб характеризовался массовыми долями влаги, жира, белка и минеральных соединений (зола), а также протеолитической активностью. Массовые доли влаги, жира, белка и золы определялись по ГОСТ 7636 – 85 [10]. Протеолитическая активность пищеварительных органов и полученных ферментных препаратов (жидких и сухих)

определялась по модифицированному методу Ансона [11, 12] с использованием в качестве субстрата казеината натрия. За единицу протеолитической активности принимали такое количество фермента, которое за 1 минуту при 30 °С превращает в не осаждаемое трихлоруксусной кислотой состояние казеинат натрия в количестве, соответствующим 1 мкмоль тирозина (1 мкмоль тирозина равен 0,181 мг).

Эти же показатели определялись в полученных из пищеварительных органов ферментных препаратах

Ферменты из измельченного сырья извлекались буферными растворами с рН от 2 до 9,5 при соотношении измельченные пищеварительные органы судака и леща : растворитель, равном 1:1. Автопротеолиз сырья проводился при температуре 38-40 °С, продолжительность 4-6 часов. Замороженное сырье форели измельчалось, подвергалось гомогенизации и автолизу в присутствии буферных растворов с рН 9,5 при гидромодуле 1:2 при температуре 38°С в течение 5,5 часов.

Эффективность режимов автопротеолиза оценивали по выходам ферментсодержащих растворов и их протеолитической активности.

Ферментные препараты отделялись от непроферментированного остатка центрифугированием при 2800-3000 оборотов / минуту в течение 15 минут.

Дополнительное отделение жира из жидкого препарата проводилось центрифугированием при 4000 об/мин в течение 20 минут при температуре 30 °С. Выделившийся жир удаляли после охлаждения массы.

С целью увеличения выхода ферментного препарата и повышения его активности в начале технологического процесса (стадии автопротеолиза) проводилась ультразвуковая обработка измельченных пищеварительных органов в буферном растворе с частотой 50 кГц в течение от 2 до 8 минут/

Сублимационная сушка ферментных препаратов проводилась при глубоком вакууме до остаточного содержания влаги 5-7 %.

Полученные нами результаты сравнивались с данными, полученными при разработке технологии ферментных препаратов из прудовых рыб белый амур и толстолобик Цибизовой М.Е. [7, 8]. Различия в технологических процессах заключались в том, что пищеварительные органы прудовых рыб подвергались гидролизу в присутствии воды при модуле гидролиза 1:0,5 при температуре 40 - 42 °С и рН 6,2-6,5.

Результаты исследования

Химические составы пищеварительных органов судака и леща и жидких ферментных препаратов из них представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав пищеварительных органов полупроходных рыб судак и лещ и жидких ферментных препаратов из них

Показатели	Полупроходные рыбы			
	Судак		Лещ	
	Кишечник с желудком	Жидкий ферментный препарат	Кишечник	Жидкий ферментный препарат
Массовая доля воды, %	66,43	83,42	73,81	83,45
Массовая доля жира, %	18,84	1,17	10,8	1,01
Массовая доля белка, %	13,76	5,81	13,46	5,75
Массовая доля минеральных веществ (золы), %	0,97	9,60*	1,1	9,90*

* В ферментные препараты для консервирования добавлено по 10% поваренной соли

Протеолитическая активность жидких ферментных препаратов, полученных при различных рН автопротеолиза, представлена в таблице 2.

Протеолитическая активность жидких ферментных препаратов, полученных при различных рН автопротеолиза

рН при автопротеолизе	Протеолитическая активность жидких ферментных препаратов из полупроходных рыб	
	судак, кишечник с желудком	лещ, кишечник
2,5	2,5	0,5
5,0	1,9	0,6
7,0	0,9	2,4
8,0	0,8	2,8
9,5	0,8	3,3

Для прудовых рыб Астраханской области [7] при оптимальной продолжительности автопротеолиза 4 часа протеолитическая активность препарата, полученного при рН 6,3 – 6,5, составляла 1,78 ед/г для толстолобика и 1,69 ед/г для белого амура. Препарат получался при соотношении измельченные внутренности: вода 1: 05. Для полупроходных рыб Балтийского региона судака и леща протеолитическая активность препаратов из пищеварительных органов оказалась выше, хотя препараты получали при соотношении измельченные внутренности : буферный раствор, равном 1:1. При той же продолжительности автопротеолиза (4 часа) протеолитическая активность при оптимальных рН составила 2,5 ед/г для судака при рН 2,5 и 3,3 ед/г для леща при рН 9,5.

Более высоких результатов удалось достичь за счет обработки измельченного сырья ультразвуком. Результаты исследований протеолитической активности и выходов жидких ферментных препаратов из пищеварительных органов судака и леща при различной продолжительности ультразвуковой обработки представлены в таблице 3.

Таблица 3

Динамика выходов и протеолитической активности (ПА) ферментных препаратов (ФП) из пищеварительных органов полупроходных рыб судака и леща при различной продолжительности ультразвуковой обработки (УЗ)

Показатели	Полупроходные рыбы Балтийского моря и заливов								
	Судак, кишечник с желудком					Лещ, кишечник			
	Продолжительность ультразвуковой обработки, мин					Продолжительность ультразвуковой обработки, мин			
	0, без обработки УЗ	2	4		8	0, без обработки УЗ	2	4	8
ПА, ед./г	1,8	3,1	3,7	2,5	2,7	1,6	2,6	3,2	2,4
Выход ФП,%	40,1	55,6	58,5	48,8	47,3	39,7	45,1	50,8	46,8

Как видно из данных таблицы 3, при использовании ультразвуковой обработки ее продолжительность должна составлять 4 минуты. При более длительной обработке протеолитическая активность получаемых ферментных препаратов и их выход понижаются за счет возможного постепенного разрушения ферментов в измельченных пищеварительных органах. Экспериментально установлено, что ультразвуковая обработка способствует увеличению выхода и повышению активности ферментного препарата. Применение ее позволит повысить эффективность процессов получения протеолитических ферментных препаратов из пищеварительных органов пресноводных рыб, имеющих в настоящее время существенное промысловое значение.

Для переработки пищеварительных органов полупроходных рыб может быть использована следующая технологическая схема:

- разделка судака и леща, очистка пищеварительных органов от ожирков и содержимого желудков и кишечника;
- мойка;
- замораживание до температуры минус 18 °С;
- измельчение мороженого сырья;

- автопротеолиз после ультразвуковой обработки в течение 4 мин с частотой 50 кГц в присутствии буферных растворов при температуре 38°C в течение 4 – 5,5 часов при гидромодуле 1:1 и рН 2,5 (для пищеварительных органов судака) и рН 9,5 (для пищеварительных органов леща);
- отделение непроферментированного остатка центрифугированием при 2800-3000 оборотах в минуту в течение 15 минут;
- отделение жира центрифугированием в течение 20 мин. с частотой вращения ротора 4000 об/мин при температуре 30°C;
- сублимационная сушка при глубоком вакууме и низкой температуре до содержания влаги в препарате 5-7 %;
- расфасовка и хранение препарата.

В таблице 4 представлена характеристика ферментных препаратов из пищеварительных органов судака и леща.

Таблица 4

Характеристика ферментных препаратов «Балтийский регион»

Показатели	Характеристика и нормы	
	Ферментный препарат из пищеварительных органов судака «Балтийский регион-1»	Ферментный препарат из пищеварительных органов леща «Балтийский регион -2»
Внешний вид	Жидкий раствор фермента	
Цвет	Светло – жёлтый	Светло - коричневый
Запах	Со слабым специфическим запахом, характерным для данного вида продукции	
Массовая доля сухих веществ, % не менее	16,0	17,0
Массовая доля хлористого натрия, % не менее	9,0	
Массовая доля белка, % не менее	5,0	
Протеолитическая активность по Ансону, ед./г., не менее	3,2	3,1

При переработке пресноводных видов рыб с целью получения ферментного препарата из пищеварительных органов большое значение имеет массовый выход внутренностей исследуемых видов рыб, характеризующий сырьевые ресурсы. Изучение массы продуктов разделки рыб – леща, судака, карпа, толстолобика, белого амура [7], показало приблизительно равные массовые доли внутренних органов у этих рыб (в среднем 13% - 14 %).

Получение ферментного препарата из пищеварительных органов ручьевой форели проводилось только с использованием кишечника с пилорическими придатками. При этом использовалась следующая технологическая схема:

- разделка форели ручьевой, очистка кишечника от ожирков и содержимого;
- мойка;
- замораживание до температуры минус 18 °С;
- измельчение мороженого сырья;
- автопротеолиз в присутствии буферных растворов при температуре 38°C в течение 5,5 часов при гидромодуле 1:2 и рН 9,5;
- отделение непроферментированного остатка центрифугированием при 2800-3000 оборотах в минуту в течение 15 минут;
- отделение жира центрифугированием в течение 20 мин. с частотой вращения ротора 4000 об/мин при температуре 30°C;
- сублимационная сушка при глубоком вакууме и низкой температуре до содержания влаги в препарате 5 %;
- расфасовка и хранение препарата.

В таблице 5 представлена характеристика ферментного препарата из пищеварительных органов форели ручьевой. Характеристика препарата близка к характеристикам препаратов из пищеварительных органов судака и леща.

**Характеристика жидкого ферментного препарата
из пищеварительных органов форели ручьевой**

Показатели	Характеристика и нормы
Внешний вид	Жидкий раствор ферментов
Цвет	Тёмно - коричневый
Запах	Слабый специфический, характерный для данного вида продукции
Массовая доля сухих веществ, % не менее	12,0
Массовая доля хлористого натрия, % не менее	9,0
Массовая доля белка, % не менее	7,0
Протеолитическая активность по Ансону, ед./г., не менее	3,0

Из данных таблицы 5 видно, что препарат из пищеварительных органов форели имеет темно-коричневый цвет, в то время как препараты из судака и леща (таблица 4) имеют цвета светло-желтый (из судака) и светло-коричневый (из леща). Препарат из форели ручьевой содержит больше белка. Протеолитическая активность практически равна таковой для судака и леща, но выход жидкого ферментного препарата выше, так как процесс проводился при гидромодуле 1:2. Следовательно, переработка пищеварительных органов хищной рыбы аквакультуры при производстве жидких препаратов дает больший эффект по сравнению с полупроходными рыбами судак и лещ.

При сублимационной сушке протеолитических ферментных препаратов, как показано в таблице 6, протеолитическая активность естественно возрастает.

Таблица 6

**Протеолитическая активность сухих ферментных препаратов
из пищеварительных органов рыб**

Ферментные препараты из пищеварительных органов рыб	Протеолитическая активность, ед./г	pH
лещ, гидромодуль 1:1	150	9,5
каarp, гидромодуль 1:05 [7]	143,4	7,0
форель ручьевая, гидромодуль 1:2.	140	9,5

Как показывают данные таблицы 6, протеолитическая активность ферментных препаратов из пищеварительных органов карпа и форели ручьевой примерно одинакова (на уровне 140 ед/г). Несколько выше протеолитическая активность сухого препарата из пищеварительных органов леща (150 ед/г).

Выводы

В статье приведены результаты исследований характеристик протеолитических ферментных препаратов из пищеварительных органов полупроходных рыб Балтийского региона судака и леща, объекта аквакультуры форели ручьевой. Сравнение протеолитической активности жидких ферментных препаратов из этих рыб с данными по прудовым рыбам Астраханской области показало, что исследованные объекты не только не уступают препаратам из прудовых рыб, но даже превосходят их.

Пищеварительные органы судака, содержащие большой желудок, целесообразно обрабатывать при pH 2,5, а кишечника леща и форели радужной – при pH 8,0-9,5.

Установлено, что обработка измельченных пищеварительных органов ультразвуком способствует повышению выхода и протеолитической активности препаратов при продолжительности воздействия 4 минуты.

Проведенные эксперименты показали целесообразность использования в качестве сырьевых источников пищеварительные органы рыб, выращиваемых в условиях аквакультуры. Из этого сырья можно вырабатывать ферментные препараты, содержащие кислые (при использовании желудков хищных рыб) или щелочные протеиназы (при переработке рыб, не имеющих четко выраженных желудков или при использовании в качестве сырья только кишечника).

Наличие в пищеварительных органах гидробионтов ферментов с различной рН -специфичностью позволяет организовывать производство специализированных препаратов для использования в различных технологических процессах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baydalinova L S, Bazhenov E A and Grimm Th. (2020). Technology for the production of proteolytic enzymes from the digestive organs of freshwater fish in north-west Russia. Published under licence by IOP Publishing Ltd. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 689, Germany and Russia: Ecosystems without Borders 05-10 October, Kaliningrad, Russian Federation.

2. Кислухина О.В. (2002). Ферменты в производстве пищи и кормов М.: Россия: Дели - Принт, - 335 с.

3. Слуцкая Т. Н., Купина Н. М., Калиниченко Т. П. (1985). А.С. 1339917 СССР, МКИ А 23В4/02, С12N⁹/64. Способ получения ферментного препарата протеолитического действия из внутренностей свежих или мороженых рыб / БИ. – № 34.

4. Константинова Л.П. (2001). Исследование активности протеолитических ферментов традиционных и новых для промысла рыб Северного бассейна, разработка способов регулирования процесса созревания соленой рыбы: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Мурманск. Россия. – 30 с.

5. Голенкова В. В., Некрасова Г. Т. (1988) Технология ферментного препарата «Океан» и его модификации / Прогрессивная технология производства пресервов, соленой и копченой рыбопродукции: Сб. науч. тр. АтлантНИРО, Калининград, Россия. – С. 67-90.

6. Байдалинова Л. С. Баженов Е. А. (2017). К вопросу получения протеолитических ферментов из пищеварительных органов рыб (сельди балтийской). Материалы: XI Международная научно-практическая конференция. Калининград: Россия: Изд-во АтлантНИРО. - С. 78-85.

7. Цибизова М.Е. (2007). Технология протеолитических ферментов широкого спектра действия из внутренних органов прудовых рыб. Рыбное хозяйство №2, С.113- 114.

8. Цибизова М. Е., Павельева Л. Г. (2006). RU2 288 951С1С12N9/64. Способ получения протеолитического ферментного препарата из внутренних органов рыб/. РП.

9. Голубев В. Н., Жиганов И.Н. (2001). Пищевая биотехнология. Москва. Россия: ДеЛи-принт. - 122 с.

10. ГОСТ 7636-85 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. (2010). М.: Россия: Изд-во стандартов. - 129 с.

11. Каверзнева Е.Д. (1971). Стандартный метод определения протеолитической активности для комплексных препаратов протеаз. Прикл. биохим, и микроб., т. 7, в. 2. Москва. Россия: С. 225-228.

12. ГОСТ 20264.2-88 (1989). Межгосударственный стандарт Препараты ферментные. Методы определения протеолитической активности М.: Россия: Издательство стандартов. - 14 с.

PROTEOLYTIC ACTIVITY OF ENZYME PREPARATIONS FROM DIGESTIVE ORGANS OF SEMI-AQUATIC AND FRESHWATER FISH

¹Baydalinova Larisa Stepanovna, Candidate of Technical Sciences,
Professor of the Department of Food Biotechnology

²Bazhenov Elisey Alexandrovich, Postgraduate student

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹larisa.baydalinova@klgtu.ru; ²ya.elisey2013@yandex.ru

The article considers the characteristics of proteolytic enzyme preparations from the digestive organs of semi-passable fish walleye and bream, as well as brook trout grown in aquaculture. The conditions of isolation and proteolytic activity of enzymes from these fish are compared with the characteristics of enzyme preparations from pond fish. The effect of ultrasonic treatment of crushed digestive organs on the yields and proteolytic activity of enzyme preparations produced from walleye and bream was studied. The proteolytic activity of freeze-dried enzyme preparations from semi-aquatic and pond fish was determined.

УДК 664.951(075.8)

УСТАНОВЛЕНИЕ СРОКОВ ГОДНОСТИ СУШЕНЫХ РЫБОРАСТИТЕЛЬНЫХ СНЕКОВ НА ОСНОВЕ МЯСОКОСТНОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ

¹Баротова Мадина Абдужалиловна, аспирантка

²Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹jalili_94@mail.ru; ²mezenova@klgtu.ru

Исследовательская работа направлена на установление сроков годности готовых сушеных рыборастительных изделий (снеков). Нами были определены такие показатели, как органолептика, физ.хим и микробиология в течение всего срока при заданных условиях – 72 суток. Схема микробиологических исследований по установлению сроков годности конечного продукта была определена требованиями МУК 4.2.1847-2004. На анализаторе «LabMaster-Aw» установлен показатель активности воды готовых снеков. По результатам микробиологического исследования срок годности рыборастительных снеков установлен 60 сут. при $t = 4 \pm 2$ °C.

Значимость темы исследования определена необходимостью совершенствования безотходной переработки костистых видов рыб на основе фаршевых технологий обогащенной растительными компонентами рыбкостной массы путем обезвоживания, как эффективного способа консервирования продукции, формирующего привлекательные органолептические признаки и показатели хранимостойкости готовой продукции [1].

На данный момент времени все большую популярность приобретают фаршевые структурированные рыбные продукты, обогащенные растительными компонентами. Однако, как правило, такие изделия не устойчивы в хранении, так как обладают повышенным содержанием воды, а с пищевыми добавками в них попадают различные микроорганизмы, которые быстро размножаются в аэрированных условиях [2]

Повысить стойкость хранения многокомпонентных рыборастительных фаршевых продуктов можно путем обезвоживания полуфабриката при повышенных температурах, что приведет к первичной стерилизации и понижению активности воды [3]. Описанным образом изготавливается популярная закусочная продукция, называемая снеками, особенностями пищевой ценности которой являются гастрономическая привлекательность, высокая энергетическая ценность и повышенная хранимостойкость [4].

На кафедре ПБ КГТУ предложена новая технология рыборастительных снеков, которая заключается в тепловом нагреве мясокостного рыбного сырья при температуре 120°C под давлением, разделении сырья на мышечную и костную ткани с тонким измельчением каждой части, смешивании с добавкой растительного происхождения и пищевыми компонентами, формовании и обезвоживании при $t=150-180$ °C с продолжительностью 15-30 мин. Преимуществами новой технологии и достоинствами готовой продукции являются возможность получения функциональных рыборастительных снеков остеотропной направленности [5].

В связи с получением новой рыбопродукции, обогащенной растительными компонентами и костной тканью, с пониженным содержанием воды актуальным является обоснование ее хранимостности и установление сроков годности и хранения.

Цель исследования – это установление сроков годности и хранения сушеных структурированных рыбопродуктов, которые приготовлены путем сочетания мясокостной массы из леща балтийского, добавки растительной и пищевой. Поставлены следующие задачи для достижения цели: получить партии заданной продукции, и закладка ее на хранение при заданных условиях; разработать графика микробиологического контроля в период хранения; исследовать органолептические и физ.хим. показатели конечного продукта в период хранения; установить срок годности и хранения готовой продукции.

Рыбопродукты создавали путем гидротермолиза мясокостных тканей балтийского леща, их тонкого измельчения с дальнейшим обогащением растительным компонентом (морковь, свекла) и пищевыми добавками. Полученную массу тонко раскатывали, формовали и высушивали горячим способом при $t = 180^{\circ}\text{C}$, продолжительность 30 минут.

В соответствии требованиями технического регламента Евразийского экономического союза 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» оценку микробиологических рисков для сушеных продуктов рассматривали следующие показатели: КМАФАнМ по ГОСТ 10444.15; наличие или отсутствие бактерии рода Clostridium по ГОСТ 29185, бактер. рода Salmonella по ГОСТ 31659, БГКП (колиформные бактерии) по ГОСТ 31747 и микроорганизмов порчи (дрожжи и плесневые грибы) по ГОСТ 10444.12.

Готовые экземпляры продукции хранили при $t = 4 \pm 2^{\circ}\text{C}$, периодичность контрольных точек устанавливали по МУК 4.21847-04 «Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов».

График микроб. исследований образцов сушеных рыбопродуктов приведен в таблице 1.

Таблица 1

График микробиологических исследований образцов сушеных рыбопродуктов

Предусматриваемый срок годности	Повторяемость испытания – контрольные точки проведения эксперимента				
	60 сут	Фоновый	10 сут	20 сут	30 сут
45 сут		50 сут	60 сут	72 сутки	

Установление значения активности воды проводили в аккредитованной лаборатории АтлантНИРО на стационарном анализаторе активности воды «LabMaster-Aw» (рисунок 1).



Рисунок 1- Анализатор активности воды «LabMaster-Aw»

В таблице 2 приведены результаты физико-химических и органолептических показателей рыбопродуктов на основе мясокостного рыбного сырья и растительного компонента в процессе хранения и свежеполученных образцов.

Органолептические и физ.хим. показатели качества рыборастворительных снеков, установленные в период хранения

Наименование показат.	Характеристика продукта		
	Свежие снеки	60-е сутки хранения	72-е сутки хранения
Внешний вид	Снеки разнообразной формы в виде рыбок, звездочек (толщина 0,5 мм), с правильными ровными краями, без повреждений	Снеки разнообразной формы в виде рыбок, звездочек (толщина 0,5 мм), с правильными ровными краями, без повреждений	Снеки разнообразной формы в виде рыбок, звездочек (толщина 0,5 мм), с правильными ровными краями, без повреждений
Цвет	Снеки с морковью- золотисто-коричневые Снеки со свеклой – золотисто-розовые, с приятными овощными оттенками	Снеки с морковью- золотисто-коричневые Снеки со свеклой – золотисто-розовые, с приятными овощными оттенками	Снеки с морковью- золотисто-коричневые Снеки со свеклой – золотисто-розовые, с приятными овощными оттенками
Запах	Приятный, свойственный данному типу снеков, преимущественно хлебный, с приятным легким рыбным запахом	Приятный, свойственный данному типу снеков, преимущественно хлебный, с приятным легким рыбным запахом	Незначительный посторонний запах
Вкус	Приятный, с характерным рыбным привкусом, сбалансированный с овощными оттенками, умеренно солёный, без порочащих признаков	Приятный, с приятным рыбным привкусом, сбалансированный с овощными оттенками, умеренно солёный, без порочащих признаков	Незначительный посторонний привкус
Консистенция	Хрустящая, легко разжевывается	Хрустящая, легко разжевывается	Твердая, с усилием разжевывается
Массовая доля воды, %	18-20	16-17	15-16
Содерж.кальция, %, не менее	436,0 -424,0	428,0 -438,0	430,0-439,0
Содерж.фосфора %, не менее	220.0 -236.0	236.0-239.0	237,0 -239,0
Кислотность, в пересчета на яблоч. к-ту, %	0.040 -0.060	0,010	0,010
Содерж. NaCl, %	1,50	2,10	2,10
Активн. воды, A_w , не более	0,50	0,39	0,39

Анализируя таблицу 2 можно говорить о том, что выработанные снеки рыборастворитель. имеют привлекательные органолептические показатели на 60-е сутки хранения. Высокий минеральный состав свидетельствует о функциональности продукции по содержанию Р и Са.

Продукция рекомендуется для питания прежде всего, социально значимым слоям населения (пожилым, инвалидам, спортсменам и др.).

Предлагаемый продукт также эффективный при таких заболеваниях как, остеопороз, и для профилактики при срачивании переломов различной сложности, так как все эти заболевания в той или иной степени тесно взаимосвязаны с костной системой человека. Помимо этого, сопутствующее содержание БАВ (витамины, минералы) повышают иммунные защитные силы организма, увеличивая целевой эффект.

Значения показателя A_w сушеных рыборастворительных снеков свидетельствует, к тому же в период хранения готовой продукции жизнеспособность микроорганизмов потенциально приостанавливается, при этом предотвращается микробиологическая порча продукта. [6].

Существенным доказательством достаточной хранимостоспособности полученных снеков является установленный факт, что их органолептические показатели на момент их приготовления и на 72-е сутки хранения практически не изменились.

При утверждении сроков годности выработанного продукта прошествовали из результатов оценки динамики всех основных показателей качества в период хранения, проведенных в соответ. с МУК 4.2.1847-2004.

В табл. 3 представлены все изменения значений микробиолог. показателей сушеных рыбо-растительных снеков.

Таблица 3

Динамика микробиологических показателей рыбо-растительных сушеных снеков при хранении

Наименование показателя	Нормативное значение	Продолжительность хранения, сутки (результаты испытания)								
		Фоновый	10	20	30	39	45	50	60	72
КМА-ФАМ, КОЕ/г, не более	Не бол. $5 \cdot 10^4$	$1.5 \cdot 10^2$	$1.7 \cdot 10^2$	$2.6 \cdot 10^2$	$3.4 \cdot 10^2$	$5.1 \cdot 10^2$	$6.2 \cdot 10^3$	$7.4 \cdot 10^3$	$1.3 \cdot 10^4$	$>5 \cdot 10^4$
Бактерии группы кишечной палочки (колиформа)	Не допуск. в 1 грамме	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Патоген, в т.ч. сальмонеллы	Не допускаются в 25 г	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
L. monocytopenes	Не допускаются в 25 г	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Сульфитредуцирующие клостридии	Не допускаются в 1г	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Плесени	Не более 50 КОЕ/г	Менее 10	<10	<10	<10	<10	16	21	23	26
Дрожжи	Не более 100 КОЕ/г	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о

На рисунке 2 представлено изменение КМАФАнМ в сушеных рыбо-растительных снеках в период хранения.

Из данных рис. 2 и табл. 3 следует, что увеличение количества мезофильных аэробных факультативно-анаэробных микроорганизмов превышает нормативного значения ($5,0 \times 10^4$ КОЕ/грамм) происходит на 72 сутки хранения. Но при этом патоген. и условно-патоген. микроорганизмов не обнаружены в процессе всего хранения. Некоторый рост установлен для плесеней (21-26 КОЕ/г), однако превышения допустимого уровня не наблюдалось. Полученные данные свидетельствуют о безопасности разработанной продукции по данным показателям.

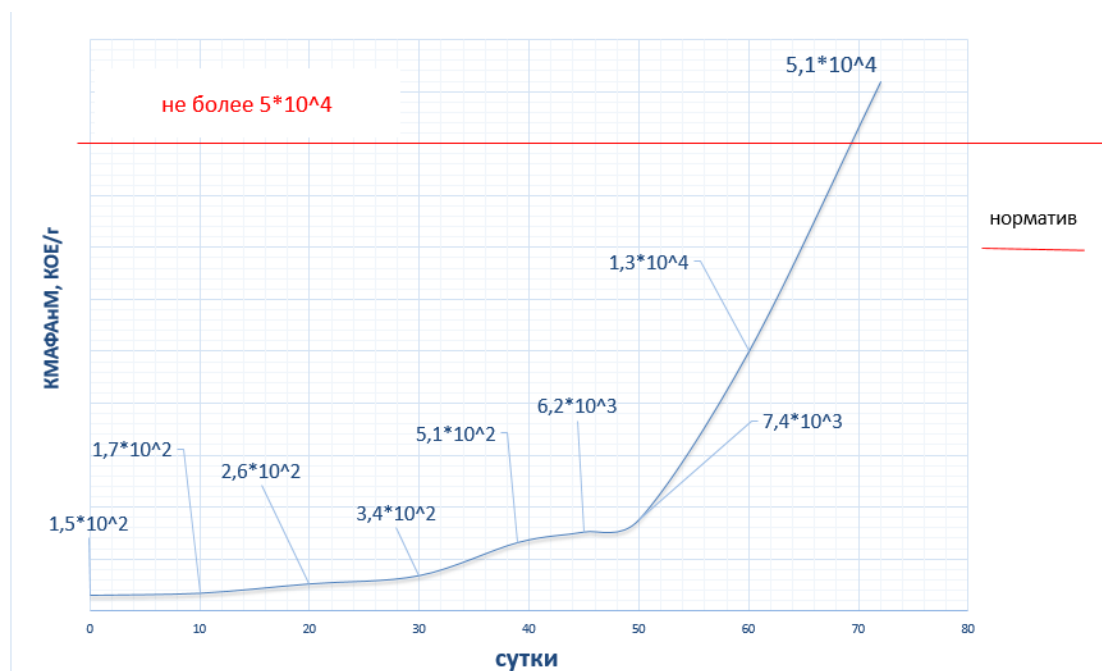


Рисунок 2- Изменение показателя КМАФАМ в образцах снеков рыба растит. в процессе хранения

Учитывая коэф. резерв 1,2 для этой категории продукц. установленный срок хранения снеков рыба растительных при $t = 4 (\pm 2) ^\circ\text{C}$ - 60 суток.

Заключение. Проведены органолептические, физико-химические и микробиологические исследования готовых рыба растительных снеков в процессе хранения.

Составлен график микробиологического исследования продукта на основании МУК 4.2.1847-04 и проведены микробиологические испытания хранимоспособности готового продукта. Основываясь динамикой изменения органолептичес. и микробиологичес. показат. кач-ва подтверждены сроки годности разработанных сушеных структурированных рыба растительных закусочных продуктов, приготовленных на основе комбинирования мясокостной массы из балтийского леща, растительных и пищевых добавок, которые составляют 60 суток при температуре $4 (\pm 2) ^\circ\text{C}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохина О.Н. Установление срока годности рыбного кулинарного изделия [Электронный ресурс] // «Известия КГТУ», №43, 2016. -С.100-108.
2. Bansal V., Siddiqui M.W., Rahman Sh. Minimally processed foods: overview. In minimally processed foods. Technologies for safety, quality and convenience. Switzerland: Food engineering series, 2015. 313 p.
3. Михлай С.А. Вафина Л.Х., Рубцова Т.Е., Барышникова Ю.Е. Результаты исследований показателей качества и безопасности водных биоресурсов на маршрутах транспортирования, хранения и реализации // Контроль и охрана состояния водной среды и биоресурсов: труды ВНИРО. Москва: ВНИРО. 2016. Т.159. С.43-47.
4. Barotova, M.A., Kazimirova, A.E., Andreev, M.P. (2021). Specialized diet based on modified collagen-containing fish tissue. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 689(1) doi:10.1088/1755-1315/689/1/012031 Retrieved from www.scopus.com
5. Патент РФ №2747096 С1 от 26.04.2021. Способ изготовления функциональных рыба растительных снеков остеотропной направленности на основе мясокостного рыбного сырья / О. Я Мезенова, Н. Ю. Мезенова, М.А. Баротова [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/274/7096.html> (дата обращения 18.06.2021).
6. Степаненко Е.И Активность воды на страже качества рыбной продукции / Е.И. Степаненко, Нехамкин Б.Л.// Контроль качества продукции. 2017. №10, С 50-53.

DETERMINATION OF THE SHELF LIFE OF DRIED FISH-GROWING SNACKS BASED ON MEAT AND BONE FISH RAW MATERIALS

¹Barotova Madina Abdujalilovna, graduate student

²Mezenova Olga Yakovlevna, head of the Department of PB Professor,
Doctor of technical Sciences

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹jalili_94@mail.ru; ²mezenova@klgtu.ru

The study is oriented at defining the shelf life of ready-made dried fish-growing snacks. We determined the organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters during storage under specified conditions for 72 days. The scheme of microbiological studies to establish the shelf life of the finished product was determined by the requirements of MUC 4.2.1847-2004. On the analyzer "LabMaster-Aw" the indicator of activity of water of ready snacks is established. According to the results of microbiological studies, taking into account the reserve factor of 1.2, the shelf life for this group of products is set for 60 days at a temperature of $4\pm 2^{\circ}\text{C}$.

УДК 664.858.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЕЦЕПТУРЫ ПАСТИЛЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

¹Быстревская Елизавета Анатольевна, бакалавр кафедры пищевой биотехнологии

²Землякова Евгения Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград,
Россия, e-mail: ¹elizaveta-faster@mail.ru; ²evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

С помощью метода математического моделирования, а именно матрицы ортогонального центрального композиционного плана второго порядка для двух факторов, определена оптимальная рецептура двухслойной пастилы на основе тыквы, яблок и клюквы для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Установлен химический состав, органолептические свойства готового продукта. Предложены рекомендации по употреблению пастилы для профилактических целей.

Актуальность темы обусловлена ростом сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) среди всех возрастов населения планеты. На своем официальном сайте ВОЗ утверждает, что уже в 2030 году количество людей, которые умрут от данных заболеваний будет около 24 млн. человек [1]. Данные цифры во многом связаны с неправильным питанием населения, употреблением фастфуда, жирной пищи и т.п. Также развитие ССЗ связано с малой физической активностью и старением населения.

Следовательно, необходимы меры по снижению (профилактики) заболеваемости. Одним из таких путей является использование в рационе функциональных продуктов питания. В данной работе был сделан выбор в пользу пастильных изделий, а именно пастилы на основе распространённого, общедоступного для большинства регионов РФ сырья: тыквы, яблок и клюквы. Выбор па-

стили обусловлен тем, что данный вид кондитерских изделий, благодаря щадящим параметрам технологии, сохраняет в себе большее количество питательных веществ в сравнении с другими видами. Пастильные изделия, которые содержат минимальное количество сахара и имеют двухслойную структуру из различного вида сырья недостаточно представлены на рынке.

Оптимизация рецептур популярных видов продуктов для профилактики ССЗ – важная задача. Кондитерские изделия пользуются огромной популярностью в нашей стране. Продукты из данной группы употребляет около 94% населения РФ.

Также выбор технологии пастилы был обусловлен тем, что в РФ произрастает большое количество фруктов и овощей, которые требуют новых путей переработки. Так, например, большим потенциалом обладает тыква обыкновенная (*Cucurbita pepo* L.) и клюква (*Vaccinium vitis-idaea* L.) для получения двухслойной пастилы, предназначенной для профилактики ССЗ.

Новизной данного проекта заключается в том, что пастила будет состоять из двух слоев. Первый – тыква с клюквой, второй – яблоко. Для опудривания была выбрана посыпка из сахарной пудры и клюквенного порошка.

Для профилактики ССЗ основными функциональными ингредиентами являются минеральные вещества (калий, магний, кремний и т.д.), пищевые волокна (пектин) и β -каротин [2]. Так как данные вещества являются термостабильными, то в ходе производства пастилы не будет происходить значимых потерь рассматриваемых биологически активных веществ (БАВ).

Цель исследования – определить оптимальную рецептуру нового продукта с помощью матрицы ортогонального центрального композиционного плана (ОЦКП) второго порядка для двух факторов.

В ассортименте подавляющего большинства производителей кондитерских изделий отсутствует пастила двухслойная из натурального сырья. В рецептурах пастильной массы имеется большое количество сахара. С целью снижения количества сахара в данной работе предлагается использование смеси сахарной пудры и клюквенного порошка в соотношении 6:1 соответственно, а в саму пастильную массу не вводить дополнительный сахар. Для приготовления нового продукта использованы тыква обыкновенная (*Cucurbita pepo* L.) и клюква (*Vaccinium vitis-idaea* L.) (первый слой пастилы), а также яблоки сорта Granny Smith (второй слой).

В качестве объектов исследования было выбрано следующее сырье: яблоки свежие сорта Granny Smith, по качеству соответствующие требованиям ГОСТ 27572-2017 «Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия»; сахар по ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия»; вода питьевая по ГОСТ 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования»; тыква свежая по ГОСТ 7975-2013 «Тыква продовольственная свежая. Технические условия»; клюква по ГОСТ 33309-2015 «Клюква свежая. Технические условия»; пектин по ГОСТ 29186-91 «Пектин. Технические условия»

При выполнении исследований в работе использовались стандартные и общепринятые физико-химические, органолептические методы исследований.

Основной химический состав - расчетным методом (на основании ранее полученных данных) [3-9].

Содержание витамина С - йодометрическим титрованием.

Содержание влаги - на приборе ВЧ конструкции К.Н. Чижовой.

Кислотность сырья - щелочным титрованием.

Содержание β -каротина – спектрофотометрическим методом.

Планирование экспериментов при моделировании и оптимизации рецептуры пастилы клеевой – осуществляли согласно ортогонального планирования второго порядка для двух факторов [10].

Диапазон измерения факторов, подлежащих оптимизации (Мт, Мп), а также пределы их варьирования, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Изменяемые факторы (соотношение тыквы и клюквы и масса пектина на 100 г рецептурной смеси), их интервалы и предельные значения

Факторы	Уровни			Интервал варьирования, ΔX
	-1	0	+1	
Коэффициент содержания тыквы и клюквы Мт (X ₁) *(Соотношение тыквы к клюкве)	2,0 (2:1)	3,0 (3:1)	4,0 (4:1)	1,0
Масса пектина Мп (X ₂)	1,0	2,5	4,0	1,5

План эксперимента в соответствии с матрицей ОЦКП второго порядка для двух факторов, а также данные для обработки полученных данных, приведены в таблице 2.

Таблица 2.4

Матрица ортогонального планирования при моделировании рецептуры пастилы клеевой «Тыковка»

№	План эксперимента				Данные для математической обработки				
	X ₁	Мт	X ₂	Мп	X ₀	X ₁ X ₂	X ₁ ² -2/3	X ₂ ² -2/3	y
1	+1	4	+1	4	+1	+1	1/3	1/3	3,75
2	-1	2	+1	4	+1	-1	1/3	1/3	3,00
3	+1	4	-1	1	+1	-1	1/3	1/3	2,80
4	-1	2	-1	1	+1	+1	1/3	1/3	2,70
5	+1	4	0	2,5	+1	0	1/3	-2/3	3,25
6	-1	2	0	2,5	+1	0	1/3	-2/3	3,10
7	0	3	+1	4	+1	0	-2/3	1/3	2,65
8	0	3	-1	1	+1	0	-2/3	1/3	3,60
9	0	3	0	2,5	+1	0	-2/3	-2/3	3,35

План эксперимента при моделировании рецептуры пастилы клеевой «Тыковка» приведен в таблице 3.

Таблица 3

План эксперимента при моделировании рецептуры пастилы клеевой «Тыковка»

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мт	4	2	4	2	4	2	3	3	3
Мп	4	4	1	1	2,5	2,5	4	1	2,5

Качество готового продукта (частный отклик) оценивали, по органолептической оценке (в баллах, «идеальное» значение 4,25 баллов), приведенной в таблице 4.

Таблица 4

Результаты реализации плана эксперимента

№	Частные отклики	Частные безразличные отклики
	O, балл	S ₀ ²
1	3,75	0,125
2	3,00	0,087
3	2,80	0,116
4	2,70	0,133
5	3,25	0,055
6	3,10	0,073
7	2,65	0,142
8	3,60	0,023
9	3,35	0,045

В результате вычисления коэффициентов математической регрессии была получена кодированная математическая модель рецептуры (1):

$$y=0,076-0,018x_1-0,005x_2-0,014x_1x_2+0,009x_1^2+0,028x_2^2, \quad (1)$$

где: y – параметр оптимизации;

x_1 - коэффициент содержания тыквы и клюквы;

x_2 – масса пектина, г.

Переход к математической модели рецептуры пастилы клеевой «Тыковка» с натуральными значениями факторов дает возможность прогнозировать качество полученного продукта (2):

$$y=0,362-0,075M_T-0,103M_{П}-0,014M_T M_{П}+0,014M_T^2+0,028M_{П}^2 \quad (2)$$

Модель дает возможность рассчитать оптимальные значения коэффициента содержания тыквы и клюквы и пектина в 100 г рецептурной смеси через дифференцирование натуральных моделей (3, 4):

$$\frac{dy}{dx_1} = -0,075 - 0,014x_2 + 0,028 \quad (3)$$

$$\frac{dy}{dx_2} = -0,103 - 0,014x_1 + 0,056x_2 \quad (4)$$

Расчетные оптимальные значения дозировок:

– соотношение тыквы и клюквы 4,07:1,00 соответственно (принимаем 4:1);

– масса пектина 2,79 г (принимаем 2,8 г).

Результатом проведенного математического моделирования стало построение пространственной трехмерной модели для рецептуры пастилы, предназначенной для профилактики ССЗ (рис.1).

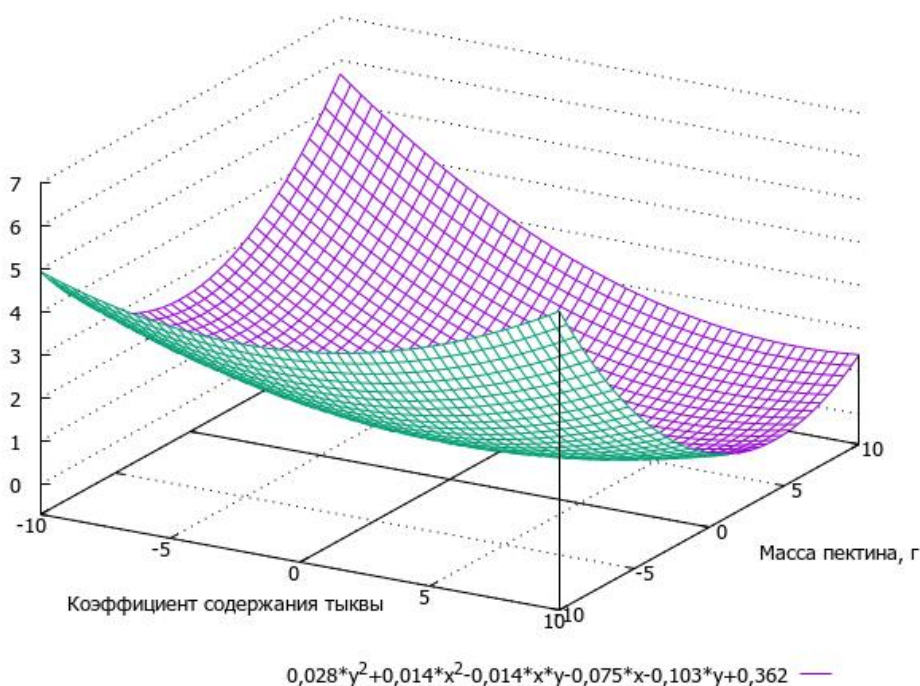


Рис. 1. Графическая интерпретация модели рецептуры пастилы клеевой «Тыковка»

Полученные результаты позволили разработать оптимизированную рецептуру новой пастилы клеевой (таблица 5).

Таблица 5

Рецептура пастилы клеевой «Тыковка»

Ингредиент	Содержание, %
Яблоки	50,0
Тыква	37,8
Клюква	8,2
Пектин	2,8
Сахарная пудра	1,0
Клюквенный порошок	0,2

По результатам проведенных исследований разработаны проекты ТУ 10.82.23.180-001-00471544-2021 и ТИ 9128 -001-00471544-2021 к ним.

По органолептическим показателям продукт полученный по оптимизированной рецептуре соответствует характеристикам, представленным в таблице 6.

Таблица 6

Органолептические характеристики пастилы клеевой «Тыковка»

Наименование показателя	Характеристика показателя
Вкус и запах	Свойственный данному продукту с учетом вкусо-ароматических свойств используемого сырья (тыква, яблоко, клюква), слегка кисловатый, без постороннего привкуса и запаха.
Цвет	От оранжевого до красного – первый слой, бежевый, возможно с зеленоватым оттенком – второй слой.
Консистенция	Мягкая, легко поддающаяся разламыванию
Структура	Свойственная пастильным массам, равномерная по всему, без пустот и плотных включений
Поверхность	Равномерно опудренная, без повреждений. Пудра с розоватым оттенком.

В таблице 7 приведен общий усредненный химический состав пастилы клеевой «Тыковка».

Таблица 7

Общий химический состав пастилы клеевой «Тыковка»

Показатель	Содержание, г на 100 г продукта
Белки	0,5
Жиры	0,0
Углеводы	75,8
Вода	19,9
Пищевые волокна	3,8

В таблицах 8 и 9 приведены усредненные минеральный и витаминный состав пастилы клеевой «Тыковка».

Таблица 8

Усредненный минеральный состав пастилы клеевой «Тыковка»

Наименование	Содержание, мг/100 г	% от РСП
Калий	150,89	6,04
Магний	9,40	2,35
Кремний	11,99	39,97
Железо	0,31	1,72
Кальций	14,67	15,00
Натрий	3,22	0,25
Фосфор	16,20	2,03
Медь	0,29	29,00

*РСП – рекомендуемая суточная потребность согласно [11]

Из таблицы 8 видно, что содержание кремния составляет 39,97%, кальция – 15%, меди – 29%. Это свидетельствует о том, что по содержанию данных минеральных веществ 100 г пастилы клеевой можно считать функциональной, так как при систематическом употреблении они удовлетворяют суточную потребность организма в названных элементах выше 15 % (ГОСТ Р 54059-2010).

Таблица 9

Усредненный витаминный состав пастилы клеевой «Тыковка»

Наименование	Содержание, мг/100 г	% от РСП
Витамин РР	0,35	1,75
Бета-каротин*	1,34	26,80
А	0,28	3,11
В ₁ (Тиамин)	0,05	3,33
В ₂ (Рибофлавин)	0,11	6,11
В ₅ (Пантатеновая кислота)	0,03	0,60
В ₆ (Пиридоксин)	0,14	7,00
В ₉ (Фолиевая кислота)	0,056	14,00
С (Аскорбиновая кислота)	7,46	8,29
Витамин Е	0,54	3,60
Холин	2,28	0,46

* - данные, полученные экспериментальным путем

Из данных таблицы 9 следует, что в продукте содержится большое количество бета-каротина (26,8% от РСП), следовательно? продукт является функциональным по данному веществу. Также в продукте содержится большое количество фолиевой кислоты, но пастилу нельзя назвать функциональной по этому витамину, так как % удовлетворение от РСП меньше 15%.

Таким образом, готовый продукт (пастила клеевая тыковка) является поставщиком пищевых волокон (в основном пектиновых веществ), минеральных веществ (кальций, кремний, медь) и витаминов, что необходимо для правильной работы сердечно-сосудистой системы человека и профилактики её заболеваний.

Заключение.

1. Предложена рецептура пастилы клеевой «Тыковка». Основными компонентами являются: тыква обыкновенная, клюква, яблоки сорта Granny Smith, пектин яблочный, сахарная пудра, клюквенный порошок.

2. Получена математическая модель рецептуры и рассчитаны оптимальные значения соотношения тыквы и клюквы ($M_T=4,07$) и массы пектина ($M_P = 2,79$ г).

3. Рассчитана биологическая ценность пастилы клеевой «Тыковка». Данный продукт является функциональным по содержанию пяти физиологически необходимых ингредиентов.

4. Разработаны рекомендации по употреблению новой продукции в питании определенным группам населения. Приоритетными группами являются люди, склонные к заболеваниям ССС. Рекомендуемая доза потребления 100 г в сутки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердечно-сосудистые заболевания // Электронный ресурс. Режим доступа: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))

2. Иванов, Д.О. Заболевания сердечно-сосудистой системы как причина смертности в Российской Федерации: пути решения проблем / Д.О. Иванов, Ю.С. Александрович, К.В. Пшениснов, Р. Х. Ломовцева // Оригинальные статьи. – 2019. – Том 4. – № 2. – С. 4-12.

3. Пастила – калорийность и химический состав // Электронный ресурс. Режим доступа: <http://frs24.ru/himsostav/pastila/>, свободный.

4. Емельянов, А.А. Составляющие мякоти тыквы / А.А. Емельянов, Е.А. Кузнецова // Пиво и напитки. – 2009. – № 4. – С. 40-43.

5. Лютикова, М.Н. Химический состав и практическое применение ягод брусники и клюквы / М.Н. Лютикова, Э.Х. Ботиров // Химия растительного сырья. – 2015. – № 2. – С. 5-27.

6. Яблоки // Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.sadgigant.ru/#!/klients/sorta>, свободный.
7. Тыква обыкновенная // Электронный ресурс. Режим доступа: http://oldboy.icnet.ru/SITE_2103/MY_SITE/My_rast/Cucurbita_pero/Cucurbita_pero.htm, свободный.
8. Клюква // Электронный ресурс. Режим доступа: http://oldboy.icnet.ru/SITE_2103/MY_SITE/My_rast/Oxycoccus_palustris/Oxycoccus_palustris.htm, свободный.
9. Khomych, G. Study of chemical composition of cranberry and the use of berries in food technology / G. Khomych, Y. Matsuk, Y. Nakonechnaya, N. Oliynyk, L. Medvedev // technology and equipment of food production. – 2017. – № 90. – С. 59-65.
10. Мезенова О.Я., Мезенова, Н.Ю. Математическое моделирование в пищевой биотехнологии / О.Я. Мезенова, Н.Ю. Мезенова. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 103 с.
11. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществ для различных групп населения Российской Федерации. МР 2.3.1.2432-08 [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека [Официальный сайт]. Режим доступа: http://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4583 (дата обращения: 18.03.2020).

USING THE METHOD OF MATHEMATICAL MODELING TO DEVELOP A PASTILLE RECIPE, INTENDED FOR PREVENTION CARDIOVASCULAR DISEASES

¹Bystrevskaya Elizaveta Anatolyevna, Bachelor of the Department of Food Biotechnology

²Zemlyakova Evgeniya Sergeevna, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹elizaveta-faster@mail.ru; ²evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

Using the method of mathematical modeling, namely the matrix of an orthogonal central compositional plan of the second order for two factors, the optimal formulation of a two-layer pastilla based on pumpkin, apples and cranberries for the prevention of cardiovascular diseases was determined. The chemical composition and organoleptic properties of the finished product have been established. Recommendations on the use of marshmallow for prophylactic purposes are offered.

УДК 637.524.24

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗВРЕДНОСТИ ОБРАЗЦОВ ОБОГАЩЕННЫХ ВАРЕННЫХ КОЛБАС С ПОМОЩЬЮ КУЛЬТУРЫ ИНФУЗОРИЙ *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*

¹Вихров Денис Витальевич, аспирант кафедры пищевой биотехнологии

²Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: ¹d.vikhrov25@gmail.com; ²svetlana.agafonova@klgtu.ru

Приготовлены характеризующиеся различным содержанием нитрита натрия образцы вареной колбасы, обогащенные биологически активной композицией, включающей бетулин, ликопин и витаминные концентраты. Протестированы установленные оптимальные количества вносимых

в рецептуру изделий биологически активных веществ. Установлена безвредность экспериментальных образцов цитотоксикологическим методом, подразумевающим использование культуры инфузорий *Tetrahymena pyriformis*.

Введение

Мясная индустрия Российской Федерации последних лет характеризуется динамикой постоянного стабильного роста объемов выпускаемой продукции в среднем на 5-7% ежегодно, обусловленной активной инвестиционной деятельностью в данной сфере (рисунок 1). Сложившаяся в прошлом (2020) году сложная экономическая ситуация, связанная с пандемией коронавируса, не оказала значительного негативного воздействия на сформировавшуюся положительную тенденцию наращивания производственных мощностей мясоперерабатывающей отрасли. Напротив, по итогам прошедшего года по всем категориям мясной продукции наблюдался прирост объемов производства: мясные и мясосодержащие полуфабрикаты – 4,2 млн тонн (+ 13,4%), колбасные изделия – 2,4 млн тонн (+ 4,6%), кулинарные мясные изделия – 160 тыс. тонн (+ 4,6%), прочие продукты из мяса и мяса птицы – 190,3 тыс. тонн (+ 16,5%).

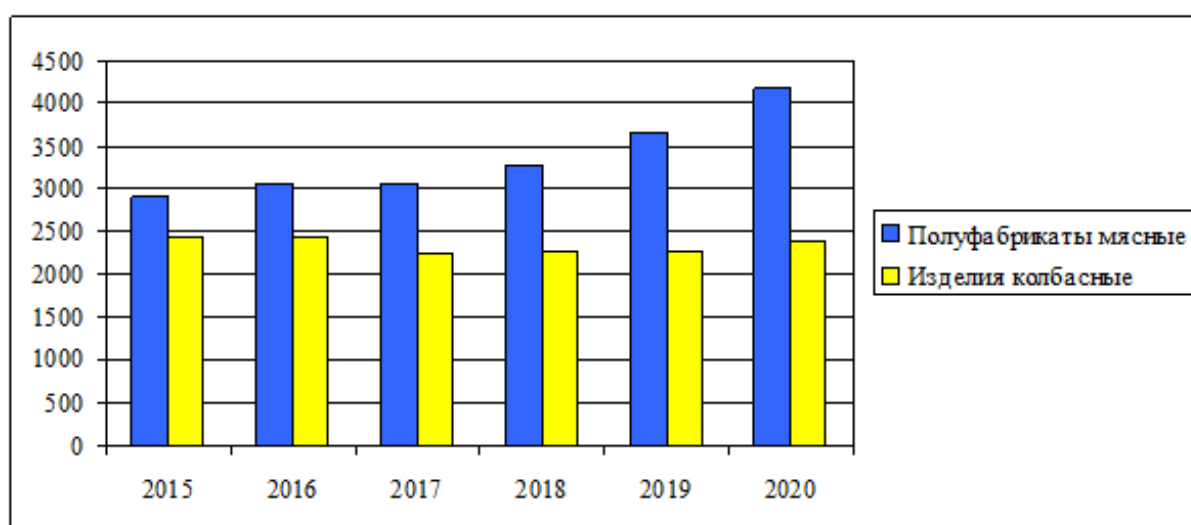


Рис.1. Производство мясных полуфабрикатов и колбасных изделий за период 2015-2020 гг., тыс тонн

Приведенная на рисунке 1 диаграмма показывает существенное превосходство объемов производства мясных полуфабрикатов над колбасными изделиями, на долю последних из которых приходится около трети продукции мясной отрасли. Основным видом колбасных изделий являются вареные колбасы (в т.ч. фаршированные), составляющие около 70% от общих объемов годового выпуска. Главные факторы подавляющего преобладания вареных колбасных изделий над остальными продуктами данного типа – культура потребления и особенности ценообразования [1]. Доля копченых колбасных изделий равна 26%, значительное увеличение выпуска которых произошло в 2020 году, в связи с ростом спроса на продукты длительного хранения в период самоизоляции. Колбасным изделиям из термически обработанных ингредиентов отводится оставшаяся часть (4%).

Существенный рост объемов производства мясной продукции, связанный с повышением спроса на мясную продукцию, и употребление большинством населения страны мясных продуктов минимум 3-4 раза в неделю способствуют укреплению позиций мясоперерабатывающей промышленности в качестве одной из ведущих отраслей пищевого производства. Сопряженный с данным явлением процесс разработки новых видов мясных изделий, вследствие расширения имеющегося ассортимента продукции, для удовлетворения потребностей покупателей, требует наибольшего внимания со стороны государства и осуществляющих контроль безопасности и качества пищевой продукции органов [2].

Производство мясных продуктов затрагивает использование широкого спектра сырья, качество которого должно находиться на высоком уровне, в связи с оказанием непосредственного влияния на формирование конечного изделия. Поэтому необходимо осуществлять контроль параметров

(температура, pH среды и др.) на каждом этапе производства мясных изделий. Технология приготовления вареных колбас подразумевает применение пищевой добавки E250 из списка консервантов (нитрит натрия), количество которой строго регламентируется в Российской Федерации, составляя 7,5 г на 100 кг несоленого мясного сырья. Внесение нитрита натрия в мясное сырье чаще всего происходит на стадии посола, в результате чего азотистая кислота в его составе вступает в реакцию с миоглобином (пигментом мяса). Результатом химических преобразований становится формирование трех различных форм белка (оксимиоглобина, нитрозомиоглобина, метмиоглобина), характеризующихся различной окраской, и готовое мясо приобретает конечный цвет. Добросовестное соблюдение всех технологических параметров способствует получению мясного продукта розового цвета, что свидетельствует о преобладании нитрозомиоглобина. Отрицательной стороной данного процесса является токсичность и мутагенность нитрита натрия, способного оказывать негативное влияние на человеческий организм. Однако применение в мясной промышленности нитрита натрия является неотъемлемой ее частью. Связанное с антибактериальной и антиокислительной функциями добавки отсутствие альтернативы не позволяет полностью исключить нитрит натрия из рецептуры мясных изделий. Теоретическая составляющая возможной частичной замены E250 на БАВ с сохранением функций в отношении мясного продукта наиболее подробно изложена в работах [1, 2].

Таким образом, вопрос обеспечения безвредности пищевых продуктов является важнейшей частью санитарно-эпидемиологического благополучия населения, рассматривается в сферах продовольственной безопасности, защиты прав потребителей и охраны здоровья российских граждан, поскольку некачественная продукция способна вызывать заболевания различной этиологии. Во избежание негативных последствий необходимо тщательное проведение испытаний по определению токсичности объектов пищевого назначения (в том числе на этапе доклинической оценки).

Требования для производителей пищевых продуктов по разработке и внедрению основанных на принципах НАССР процедур и необходимости проходить сертификацию по ГОСТ Р ИСО 22000-2019 регламентируется в ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции Таможенного союза». Данный документ устанавливает использование эффективных технологий производства: 1) изготовление схем технологических операций; 2) управление стадиями; 3) составление перечня рисков возможных загрязнений; 4) внедрение систем мониторинга для критических контрольных точек (ККТ); 5) обеспечение сквозного контроля от сырья до конечного продукта; 6) применение процедур верификации для установления результативности функционирования предприятия.

Вступивший в силу в 2014 году документ ТР ТС 033/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», дополняющий требования ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» и ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки», устанавливает обязательные требования к маркировке и упаковке продуктов убоя и мясной продукции. В Техническом регламенте нормируются допустимые уровни содержания:

1) микроорганизмов: КМАФАнМ – по ГОСТ 10444.15-94; БГКП – по ГОСТ 31747-2012; патогенных, в т.ч. сальмонелл – по ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002); *S. aureus* – по ГОСТ 31746-2012; *L. monocytogenes* – по ГОСТ 32031-2012; плесеней и дрожжей;

2) потенциально опасных веществ: антибиотиков – по ГОСТ 31694-2012; радионуклидов – по ГОСТ 32161-2013;

3) токсичных элементов: свинца – по ГОСТ 26932-86; мышьяка – по ГОСТ 26930-86; кадмия – по ГОСТ 26933-86; ртути – по ГОСТ 26927-86;

4) пестицидов – по ГОСТ 23452-2015, ГОСТ 32689.1-2014 [3].

Помимо описанных выше показателей качества и безопасности, появляются интересные инновационные методы и способы контроля полезности, безвредности пищевых продуктов. Так, особое влияние на развитие науки о питании оказывают биохимико-токсикологические исследования, наибольшую распространенность в которых получили способы применения моделей с использованием тест-культур, относящиеся к альтернативным классическим тестам на экспериментальных животных методам оценки токсичности и функциональности пищевых компонентов.

Биологическую оценку безопасности пищевых продуктов и ингредиентов проводят с использованием одноклеточных протистов рода тетрахимен (лат. *Tetrahymena*). Такие простейшие представляют собой одноклеточные, непатогенные, эукариотические, свободноживущие пресноводные ресничные инфузории, насчитывающие до 40 видов. В природе тетрахимены повсеместно присут-

ствуют во всех влажных средах, обнаруживаются среди гниющей листвы и на дне водоемов. В биотестировании для использования в качестве модельных образцов наиболее широко распространены два вида тетрахимен: *Tetrahymena thermophila* и *Tetrahymena pyriformis*.

Наибольший интерес представляет вид инфузорий *Tetrahymena pyriformis*, характеризующийся сопоставимой физиологией и биохимией с таковыми для высших организмов.

Tetrahymena pyriformis (рисунок 2) – инфузории грушевидной формы, длина тела от 38 до 60 мкм. Тело покрыто оболочкой, реснички равномерно расположены рядами от переднего (суженного) к заднему (расширенному) концу тела. Число рядов ресничек менее двадцати. Питание осуществляется через расположенный в верхней части тела рот (цитосом).

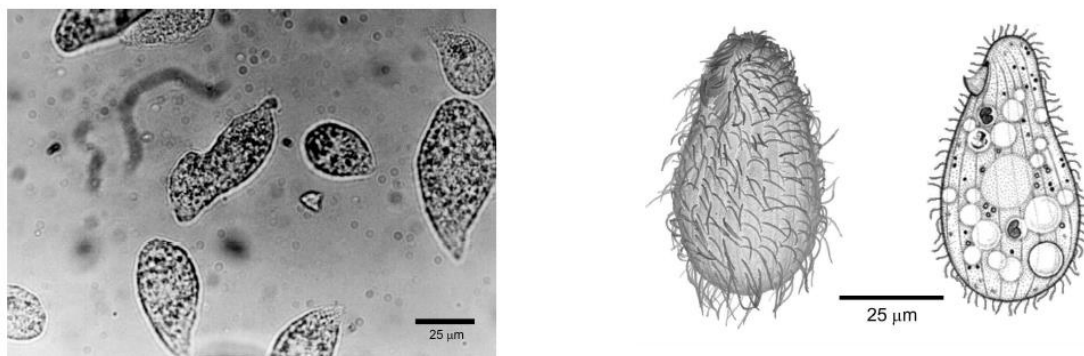


Рис. 2. *Tetrahymena pyriformis*

Бесполое размножение инфузорий осуществляется поперечным делением надвое, длительность общего цикла жизнедеятельности составляет 4-6 ч. Половой процесс носит характер конъюгации – временного соединения двух особей для взаимного обмена частями ядерного аппарата.

По отношению к содержанию растворенного в воде кислорода *Tetrahymena pyriformis* является эвриксибионтом, что выражается в наличии способности существовать в широком диапазоне его концентраций – от 0 до 100 % насыщения. Температурный оптимум составляет 25-26 °С.

Практическое использование инфузорий *Tetrahymena pyriformis* при биотестировании объясняется их высокой чувствительностью к неблагоприятным факторам внешней среды, химическим веществам и имеющим экологическое и санитарное значение соединениям – тяжелым металлам, инсектицидам, канцерогенам, токсинам бактерий и плесеней, фармацевтическим препаратам.

Быстрый рост и интенсивность обмена веществ являются явными преимуществами тетрахимен в сравнении с другими простейшими. В связи с быстрой сменой поколений (4-6 раз в сутки), использование тетрахимен позволяет также определить действие токсина на генетический аппарат клетки. Кроме определения токсичности сред, существует возможность установления биологической ценности пищевых компонентов, вследствие схожести обменных процессов с высшими животными. Вдобавок доступность, простота содержания в лаборатории и небольшое время генерации позволяют отнести их к важнейшим и наиболее широко используемым модельным организмам в различных токсикологических и экологических исследованиях [4].

Зарубежными исследователями представлены преимущественно работы по оценке токсичности сред, фармацевтических препаратов и различных токсических веществ с помощью тетрахимен.

Так, например, авторами [5] исследовано изменение морфологии клеток тетрахимен при воздействии некоторых фунгицидов. В работах [6, 7] описывается изменение подвижности клеток при действии тяжелых металлов. Труд [8] посвящен определению токсичности тяжелых металлов железа, цинка и меди, неионогенных поверхностно активных веществ при оценке репродуктивной функции тетрахимен. С помощью оценки способности инфузорий к генерации исследован токсический эффект при загрязнении окружающей среды фармацевтическими препаратами, такими, как нестероидные противовоспалительные препараты, антибиотики, β-блокаторы [9].

Ирландскими учеными апробирован тест токсичности лекарственных препаратов – антидепрессантов – с использованием *Tetrahymena pyriformis*. Полученные результаты имеют дискуссионный характер, однако есть повод полагать, что данный модельный организм может заменить традиционные для таких исследований клетки крови животных и человека [10].

В настоящее время иностранные ученые практически отказались от работ в направлении определения пищевой и биологической ценности пищевых продуктов и компонентов с помощью тетрахимен, и инфузории используют преимущественно для оценки токсичности сред. Но отечественными учеными и учеными из стран СНГ приложены все усилия для активного развития данного направления.

Так, исследователями Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета и Дальневосточного федерального университета выполнены эксперименты по оценке безопасности, качества и биологической ценности различных пищевых продуктов с использованием *Tetrahymena pyriformis* в качестве модельного организма. Объектами исследования выступили рыбная кулинарная продукция и мышечная ткань гидробионтов [11, 12].

Белорусскими учеными определена безвредность растительного сырья и пищевых экстрактов на растительной основе, биологически активных добавок (БАД) к пище, некоторых пищевых добавок и их композиций [13, 14, 15]. Также проведены исследования по установлению биологической ценности мясного и зернового сырья [16, 17].

К сожалению, на сегодняшний день недостаточно развитым является направление в области влияния различных низкомолекулярных пептидов на морфологию, генерацию и подвижность модельных организмов тетрахимен. В попытке улучшить данную ситуацию учеными Научного центра психического здоровья РАН, Института молекулярной генетики РАН и Института фармакологии им. В.В. Закусова проведены совместные эксперименты по определению защитного действия гексапептида HLDF-6-амида на клетки инфузорий *Tetrahymena pyriformis* и его способности активизировать пролиферацию организмов. Установленные проявляемые пептидом эффекты, связаны с его способностью профилактики и лечения цереброваскулярных и нейродегенеративных человеческих заболеваний [18].

Появление новых методов в области гигиенической безопасности объектов пищевого назначения, готовых к применению в научно-исследовательских работах, в пищевой промышленности для текущей оценки качества сырья, пищевых добавок, ингредиентов и готовой продукции, в биотехнологии для доклинического контроля токсичности биологически активных веществ и продуктов микробного синтеза [19, 20, 21].

Целью настоящего исследования явилось установление биологической безопасности приготовленных обогащенных экспериментальных образцов вареной колбасы, характеризующихся различным содержанием нитрита натрия, цитотоксикологическим методом с помощью протистов рода *Tetrahymena pyriformis*.

Объекты и методы исследований

В качестве основного сырья, используемого для приготовления опытных образцов вареной колбасы, были выбраны: говядина жилованная первого сорта по ГОСТ Р 54704-2011, свинина жилованная полужирная (массовая доля жировой ткани до 30 %) по ГОСТ Р 54704-2011, шпик свиной хребтовый по ГОСТ 31778-2012.

Образцы вареной колбасы готовили по стандартной рецептуре для колбасы «Докторская» (ГОСТ Р 52196-2011 «Изделия колбасные вареные. Технические условия»). Каждый образец отличался различным количественным содержанием вносимого нитрита натрия, и наличием/отсутствием биологически активной композиции, содержащей:

- 1) биологически активная добавка «Бетулин», Бетулафарм;
- 2) биологически активная добавка «Ликопин», Ренессанс;
- 3) витаминные концентраты – растворы тиамин хлорида, рибофлавина, никотинамида и порошка аскорбиновой кислоты в количествах, установленных в предыдущих работах, посвященных данной тематике (таблица 1).

Количества витаминов, закладываемых в рецептуру, мг на 100 г сыря

Витамины				Сумма
Тиамин (В1)	Рибофлавин (В2)	Никотинамид (РР)	Аскорбиновая кислота (С)	
1,2	0,7	10,6	52,9	65,4

Внесение ликопина и бетулина рассчитывалось с учетом покрытия суточной нормы по данному веществу не менее чем на 50%, то есть 2,5 мг вещества для ликопина и 30 мг для бетулина на 100 г несоленого мясного сыря соответственно. Всего было приготовлено 3 образца, характеризующихся различным содержанием нитрита натрия, содержащие в своем составе биологически активную композицию (БАК): «витамины-бетулин-ликопин» и без нее (таблица 2).

Образцы обогащенной биологически активной композицией вареной колбасы с различным содержанием нитрита натрия, мг на 100 г сыря

№ образца	Вещество, мг	
	Нитрит натрия	Биологически активная композиция «витамины-бетулин-ликопин»
1	7,5	-
2	3,5	+
3	-	+

Для исследования использовали 4-х суточную культуру инфузорий, выращенных на пептонной питательной среде.

Определение количества клеток культуры инфузорий *Tetrahymena pyriformis* осуществляли методом прямого подсчета в счетной камере Горяева.

Результаты исследований

Подсчет клеток в каждой суспензии проводили трижды и находили среднее значение. Пересчет на 1 мл суспензии с учетом разведения производили по формуле:

$$N = \frac{a \cdot 1000 \cdot K}{h \cdot S},$$

где: N – число клеток в 1 мл суспензии;

a – среднее число клеток в малом квадрате;

h – глубина камеры (0,1 мм);

S – площадь малого квадрата, мм;

K – разведение исходной суспензии;

1000 – коэффициент пересчета см³ в мл (1 мл = 1000 мм³).

Результаты подсчета клеток

№ образца	Число клеток инфузорий в суспензии
1 (пептонная питательная среда)	4,0*10 ⁵
2 (7,5 мг NaNO ₂)	3,0*10 ⁵
3 (3,5 мг NaNO ₂ + БАК)	7,5*10 ⁵
4 (БАК)	11,0*10 ⁵

Прямой подсчет клеток инфузорий с помощью камеры Горяева показал, что наибольший их прирост отмечен при культивировании на среде с добавлением образца колбасы № 4, характеризующегося отсутствием нитрита натрия в составе.

Графическое представление проведенной биологической оценки безопасности экспериментальных образцов обогащенной вареной колбасы приведено на рисунке 3.

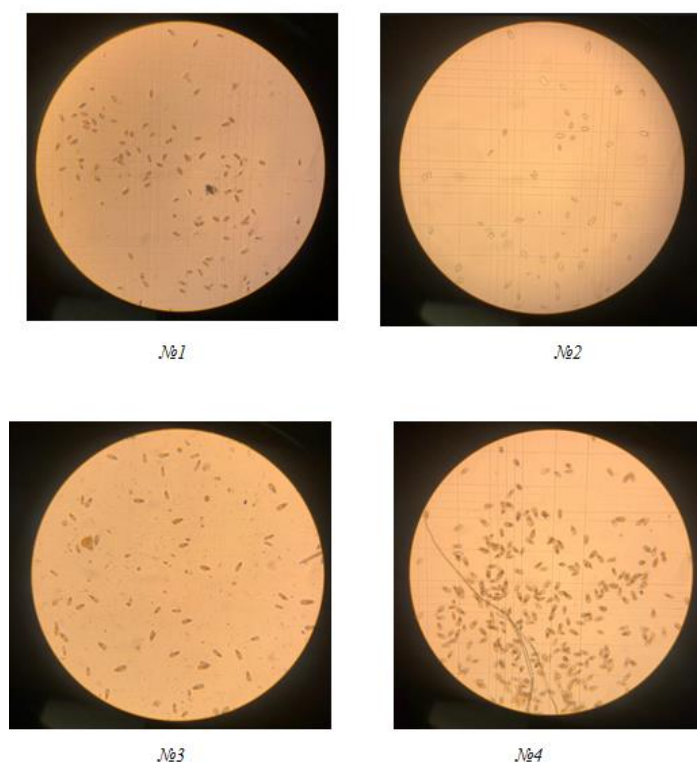


Рис. 3. Вид инфузорий, выращенных на различных по составу питательных средах с добавлением опытных образцов колбасы: №1 – контроль (пептонная питательная среда), №2 – БАК + 7,5 мг NaNO_2 , №3 – БАК + 3,5 мг NaNO_2 ; №4 – БАК, без NaNO_2

Помимо наибольшей численности, клетки инфузорий в среде с добавлением образца № 4 отличались большим размером и повышенной активностью в сравнении с инфузориями, выращенными на других образцах.

Выводы

Определена целесообразность использования биологически активной композиции в рецептуре вареных колбас как при совместном применении со сниженным количеством нитритом натрия, так и без него. Биологическая оценка безопасности продукта цитотоксикологическим методом с помощью культуры инфузорий *Tetrahymena pyriformis* показала свою эффективность. Снижение количества нитрита натрия в вареной колбасе и обогащение ее биологически активными веществами оказывает положительное действие на рост и состояние тестовых организмов. Данное исследование является перспективным как в плане оценки безвредности, так и в плане оценки биологической ценности опытных образцов пищевого продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вихров, Д.В. Использование комплекса водорастворимых витаминов и бетулина для стабилизации цвета вареных колбас / Д.В. Вихров, С.В. Агафонова // VIII Международная научно-практическая конференция «Пищевая и морская биотехнология». – 2019. – С. 39-45.
2. Вихров, Д.В. Обогащенная вареная колбаса с пониженным содержанием нитрита натрия / Д.В. Вихров // IX Международная научно-практическая конференция «Пищевая и морская биотехнология». – 2020. – С. 18-23.

3. Замятина О.В. Принципы ХАССП. Безопасность продуктов питания и медицинского оборудования [Текст]: пер. с англ. / О.В. Замятиной. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2006. – 232 с.
4. Eisen J. A., Coyne R. S., Wu M., Wu D., Thiagarajan M., et al. (2006). Macronuclear Genome Sequence of the Ciliate *Tetrahymena thermophila*, a Model Eukaryote. *PLoS Biol* 4(9): 286.
5. Maurya, R., Dubey, K., Singh, D., Jain, A.K., Pandey, A.K., 2019. Effect of difenoconazole fungicide on physiological responses and ultra structural modifications in model organism *Tetrahymena pyriformis*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 182, 109375.
6. Zhang, T., Li, X., Lu, Y., Liu, P., Zhang, C., Luo, H., 2014. Joint toxicity of heavy metals and chlorobenzenes to pyriformis *Tetrahymena*. *Chemosphere* 104, 177–183.
7. Nilsson, J.R., 2003b. Lanthanum affects proliferation and motility of *Tetrahymena*. *Eur. J. Protistol.* 39, 468–474.
8. N.Dias, A. Nicolau, G.S. Carvalho, M. Mota, N. Lima Prof. Dr. Miniaturization and application of the MTT assay to evaluate metabolic activity of protozoain the presenceo ftoxicants. *J. Basic Microbiol.* 39 (1999) 2, 103–108.
9. JúliaLáng, László Kohidai Effects of the aquatic contaminant human pharmaceuticals and their mixtures on the proliferation and migratory responses of the bioindicator fresh water ciliate *Tetrahymena* *Chemosphere* 89 (2012), 592–601.
10. UmaS., KellyJ.P. and Rajasekaran S.K. Aninvestigation of the value of the *Tetrahymena pyriformis* as a test organism for assessing the acute toxicity of antidepressants. *Biomedical Research* (2008) Volume 19, Issue 1.
11. Шульгин Ю.П., Блинов Ю.Г., Шульгина Л.В. Биологическая экспресс-оценка мышечной ткани гидробионтов с использованием *Tetrahymena pyriformis* // Известия ТИНРО, 2004. – Т. 136. – С. 294-303.
12. Карпенко Ю.В., Кращенко В.В. Биотестирование рыбной кулинарной продукции с использованием *Tetrahymena pyriformis* // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2019. – № 3. – С. 132-140.
13. Журихина Л.Н., Осипова Т.С., Бондарук А.М., Свинтилова Т.Н., Цыганков В.Г. Оценка безвредности биологически активных добавок к пище растительного происхождения в исследованиях на *Tetrahymena pyriformis* // Здоровье и окружающая среда. – 2019. – № 29. – С. 67-74.
14. Осипова Т.С., Журихина Л.Н., Капустин М.А., Бондарук А.М., Цыганков В.Г., Свинтилова Т.Н., Курченко В.П. Оценка безвредности экстрактов мяты и Melissa, полученных с применением различных экстрагентов, на *Tetrahymena pyriformis* // Медицина труда и экология человека. – 2020. – № 1 (21). – С. 90-100.
15. Журихина Л.Н., Осипова Т.С., Бондарук А.М., Свинтилова Т.Н. Оценка безвредности специализированного пищевого продукта для питания спортсменов на *Tetrahymena pyriformis* // В сборнике: Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века. материалы 19-й международной научной конференции. В трех частях. Под общей редакцией: С. А. Маскевича, С. С. Позняка. – 2019. – С. 219-222.
16. Бондарук А.М., Цыганков В.Г., Свинтилова Т.Н., Долгина Н.А., Осипова Т.С. Методические особенности исследования на *Tetrahymena pyriformis* биологической ценности и безвредности мяса цыпленка-бройлера // Современные проблемы гигиены, радиационной и экологической медицины. – 2015. – № 5. – С. 7-12.
17. Богдан А.С., Бондарук А.М., Журихина Л.Н. Биологическая ценность продовольственного зерна пшеницы, ржи и ячменя по результатам оценки на *Tetrahymena pyriformis* // Здоровье и окружающая среда. – 2010. – № 16. – С. 3-9.
18. О.Ю. Соколов, А.Н. Позднякова, Е.Г. Черемных, Е.В. Васильева, Н.В. Кост, Ю.А. Золотарев Пептид HLDF-6-амид снижает цитотоксичность доксорубина и активирует пролиферацию инфузорий *Tetrahymena pyriformis* // Биоорганическая химия. – 2020, том 46, № 6, с. 666–669.
19. Патент РФ № RU 2604802. Способ определения безопасности пищевых ингредиентов с помощью клеточных тест-систем / Клабукова Д.Л., Машенцева Н.Г., Никонов И.Н. Оpubл. 10.12.2016.
20. Патент РФ № 2266015, МПК А23К, G01N. Способ комплексной оценки токсичности кормовых и пищевых продуктов / Гроздов А.О. Оpubл. 20.08.03.

21. Патент РФ № 2415417, МПК G01N 33/03. Способ определения безопасности растительных масел / Францева Т.П., Прудникова Т.Н., Ширококорядова О.В. Опубл. 27.03.11.

DEFINATION OF THE SAFETY OF ENRICHED COOKED SAUSAGES SAMPLES USING THE CULTURE OF TETRAHYMENA PYRIFORMIS INFUSORIES

¹Vikhrov Denis Vitalievich, PhD-student of the Department of Food Biotechnology

²Agafonova Svetlana Viktorovna, Candidate of Technical Sciences, associate Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹d.vikhrov25@gmail.com, ²svetlana.agafonova@klgtu.ru

Samples of cooked sausages, enriched with a biologically active substances (BAS) including betulin, lycopene and vitamin concentrates, characterized by different sodium nitrite content, were prepared. The established optimal amounts of these BAS introduced into the formulation of products have been tested. The safety of experimental samples was defined by the cytotoxicological method, which implies the use of a culture of ciliates Tetrahymena pyriformis.

УДК 582.273:664:577.1

НОВЫЕ ДАННЫЕ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ИЗ КРАСНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ (RHODOPHYCEAE) И СПОСОБАХ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

¹Игнатова Татьяна Анатольевна, канд. тех. наук

Подкорытова Антонина Владимировна, д-р техн. наук, профессор

Баскакова Юлия Александровна, канд. техн. наук

Мулянова Мария Петровна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Москва, Россия, e-mail: ¹ignatovavniro@yandex.ru

*Представлены результаты исследований антимикробной активности экстрактов красных водорослей *Ahnfeltia plicata*, *Polysiphonia fucoides*, *Polyides rotunda*. Было показано, что спиртовые экстракты *P. fucoides* обладают антимикробной активностью в отношении культур *S. aureus* «Виотко» и *L. monocytogenes* 766, а СК-СО₂ *P. fucoides* – против *L. monocytogenes*. Разработаны рациональные режимы получения антимикробного экстракта из *P. fucoides*.*

Введение

Противомикробные препараты широко используются в качестве средств для лечения инфекционных болезней не только человека, но и животных. Частое и длительное применение противомикробных препаратов привело к распространению форм микроорганизмов устойчивых к их действию. Проблема антимикробной резистентности остро стоит не только в медицине, но и в ветеринарии, сельском хозяйстве и пищевой промышленности. В связи с этим, данная проблема была обозначена в числе приоритетных направлений в «Основах государственной политики в области химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» (Указ Президента Российской Федерации от 11 марта 2019 г. № 97) и стратегии предупреждения распростра-

нения антимикробной резистентности в Российской Федерации на приоритет до 2030 года (Распоряжение правительства Российской Федерации от 25 сентября 2017 г. № 2045-р) в части разработки и внедрения противомикробных препаратов (часть IV, пункт 5).

Известно, что ряд красных водорослей содержат в своем составе биологически активные вещества, которые обладают, в том числе и антимикробными свойствами [1, 2, 3]. Данные по биологически активным веществам (БАВ) красных водорослей, произрастающих в морях России, весьма ограничены. Исследования БАВ красных водорослей морей Северного рыбохозяйственного бассейна практически не проводились.

Таким образом, проведение исследований антимикробных свойств экстрактов красных водорослей Белого моря и разработки способа их получения являются актуальными.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследований использовали красные водоросли *Ahnfeltia plicata*, *Polysiphonia fucoides*, *Polyides rotunda*, заготовленные в прибрежной зоне посёлка Рабочеостровск Кемского района Республики Карелия (Белое море), в период с 13 по 22 июля 2020 г. и с 10 по 15 октября 2020 г. Для получения экстрактов использовали свежесобранные (свежие) и сушеные водоросли. Сушку водорослей проводили в естественных условиях до постоянной массы на месте их сбора.

Получение спиртовых экстрактов из свежих водорослей

Навеску свежих водорослей заливали 96% этиловым спиртом. Экстракцию проводили в течение семи дней при комнатной температуре. Соотношение водоросли:спирт для *A. plicata* составило 1:5, *P. fucoides* - 1:4, *P. rotunda* - 1:10, для смеси *A. plicata* и *P. fucoides* - 1:5. Затем экстракт сливали, а водоросли снова заливали этиловым спиртом. Вторую экстракцию также проводили в течение семи дней при тех же условиях. Соотношение водоросли:спирт для *A. plicata* составило 1:2, *P. fucoides* - 1:2,6, *P. rotunda* - 1:6,4, для смеси *A. plicata* и *P. fucoides* - 1:3. Первый и второй экстракты объединяли и использовали для анализа.

Концентрирование спиртовых экстрактов

Спиртовые экстракты упаривали на вакуумном ротационном испарителе до полного удаления растворителя. Сухой остаток растворяли в 5 мл этилового спирта концентрацией 96%.

Получение сверхкритических углекислотных экстрактов (СК-СО₂ экстракты)

СК-СО₂ получали на производственном участке ООО НИЦ ЭР «ГОРО» г. Ростов-на-Дону на установке КОЭРС 1. Сушеные измельченные водоросли (*P. fucoides* - 1 кг, *A. plicata* - 0,9 кг) помещали в термостатированную экстракционную камеру. Процесс экстракции сверхкритическим углекислым газом осуществляли в течение 90 мин при температуре в экстракторе 50°C и давлении 300 атм (30 МПа).

Содержание массовой доли общего азота в образцах определяли по методу Кьельдаля с применением автоазотоанализатора шведской фирмы FOSS Analytical AB, модель FOSS 2300. Массовую долю белка рассчитывали с применением коэффициента 6,25.

Содержание сухих веществ в экстрактах определяли при температуре высушивания 103±2°C.

Содержание минеральных веществ в экстрактах определяли путем сжигания образцов при температуре 500°C и дальнейшем их взвешивании.

Качественную реакцию на углеводы проводили с использованием антронового реактива [4].

Определение антимикробной активности экстрактов проводили с применением диско-диффузионного метода. Средой для роста микроорганизмов служил «Питательный агар сухой для культивирования широкого спектра микроорганизмов». На поверхность геля питательной среды нанесли бактериальную суспензию, а затем помещали диски, предварительно пропитанные экстрактом и высушенные при комнатной температуре. Ориентировочное количество микробов в бактериальной суспензии соответствует по ОСО 10 МЕ. Инкубацию проводили при температуре 37°C в течение 48 ч. Тест-объектами являлись 8 штаммов микроорганизмов: *Salmonella abony* IHE 103/39, *Candida albicans* NCTC 885-653, *Proteus vulgaris* HX 19 (штамм 222), *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Staphylococcus aureus* «Виотко», *Listeria monocytogenes* 766, *Pseudomonas aeruginosa* 27/99, *Escherichia coli* ATCC 25922. В качестве контроля использовали диск, пропитанный этиловым спиртом и высушенный при комнатной температуре. Величину антимикробной активности оценивали по «коэффициенту лизиса», который вычисляли как соотношение диаметра зоны лизиса к диаметру диска.

Содержание и выделение липидов из сушеной *P. fucoides* для дальнейшего анализа их на ЖКС (жирнокислотный состав) проводили с использованием метода Сокслета, на автоматическом экстракторе Сокслета фирмы VELP SER 148/6 при использовании 2-ой программы (растворитель – диэтиловый эфир). Спиртовые экстракты перед анализом на ЖКС упаривали на вакуумном ротационном испарителе до полного удаления растворителя.

Для определения ЖКС липиды подвергались прямому метилированию с использованием в качестве катализатора хлористого ацетила в метаноле в соответствии с МУК [5], метиловые эфиры жирных кислот анализировали на хроматографе «Кристалл 5000.2» («Хроматэк») в соответствии с ГОСТ 31663 на капиллярной колонке CR-FAME 100 м x 0,25 мм x 0,2 мкм («Хроматэк»). Идентификацию проводили сравнением со стандартной смесью (Supelco 37 component FAME MIX, каталожный номер Sigma Aldrich CRM47885).

Фракционный состав липидов спиртового экстракта определяли после упаривания образца до полного удаления растворителя и разведением его в хлороформе до концентрации 10 мг/мл. Полученный образец наносили на стеклянную пластину с кизельгелем и помещали ее в хроматографическую камеру с элюентом. В качестве элюента использовали смесь гексана, диэтилового эфира и ледяной уксусной кислоты в соотношении 80:20:2. Проявление пластины проводили с использованием раствора фосфорномолибденовой кислоты в изопропиловом спирте (10 г на 200 мл спирта), с последующим подсушиванием на воздухе и нагреванием до 110°C. Проявленную пластину анализировали на денситометре CS-930 Shimadzu (Dual-wavelength tlc scanner) при длине волны 520 нм [6].

Определение рационального соотношения водоросли: экстрагент при проведении процесса экстракции

Навеску сушеной *P. fucoides* заливали 96% этанолом в соотношении водоросли: спирт 1:50 и 1:32, а затем проводили экстракцию в течение 9 дней при комнатной температуре. Вторую экстракцию осуществляли при тех же условиях в течение 6 дней. Экстракты объединяли и упаривали на вакуумном ротационном испарителе до полного удаления растворителя. Сухой экстракт растворяли в 6 мл 96% спирта, полученный концентрированный экстракт использовали для анализа.

Определение типа экстрагента

В качестве экстрагента использовали этанол концентрацией 96, 80, 70, 60%, ацетон, эфир диэтиловый, гексан, 1-пропанол, изопропанол, метанол, хлороформ, эфир петролейный, а также смеси этанол-эфир диэтиловый (3:1), хлороформ-метанол-вода (1:2:0,8), хлороформ-метанол (1:1; 1:2; 2:1), хлороформ-этанол (1:1; 1:2; 2:1).

Навеску сушеной *P. fucoides* заливали экстрагентом при соотношении водоросли: экстрагент по объёму 1:30. Экстрагирование проводили 7 дней при комнатной температуре. Затем экстракт сливали, а водорослевый остаток снова заливали экстрагентом при соотношении водоросли: экстрагент по объёму 1:21. Вторую экстракцию проводили 6 дней при тех же условиях. Полученные экстракты соединяли и упаривали до полного удаления растворителя на вакуумном ротационном испарителе, а затем растворяли в 6 мл экстрагента. Полученный концентрированный экстракт использовали для анализа.

Определение продолжительности экстракции

Навеску сушеной *P. fucoides* заливали 70% этанолом при соотношении водоросли: спирт по объёму 1:40. Экстракцию проводили при комнатной температуре в течение 14 дней. Отбор проб экстракта для определения антимикробной активности осуществляли ежедневно. Полученные 14 образцов экстракта упаривали до полного удаления растворителя на вакуумном ротационном испарителе. Сухой остаток растворяли в 6 мл этилового спирта концентрацией 70%, а затем использовали для анализа.

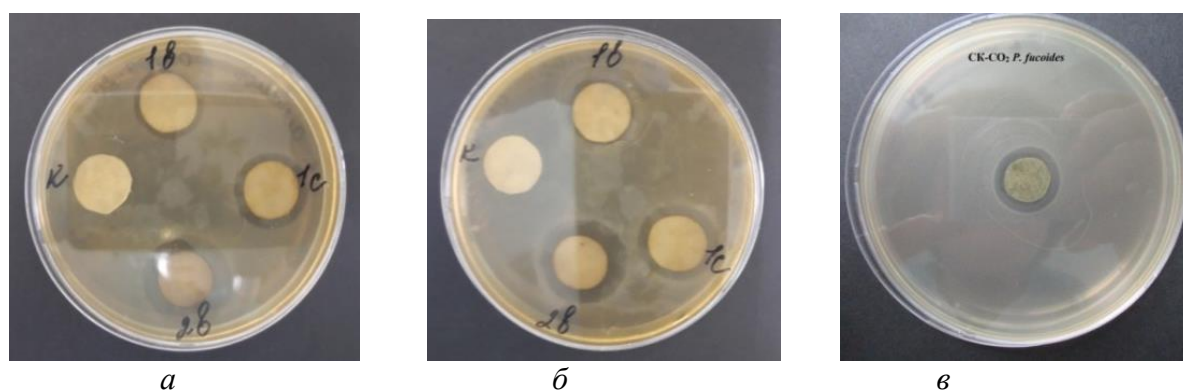
Результаты исследований

Как правило, в качестве экстрагента для получения биологически активных экстрактов используют этанол различных концентраций. В связи с этим, были получены спиртовые экстракты из свежих водорослей видов *A. plicata*, *P. fucoides*, *P. rotunda*, а также из смеси состоящей из *A. plicata* и *P. fucoides*.

Поскольку широкое распространение для выделения биологически активных веществ из растительного сырья получил метод экстракции жидким диоксидом углерода [7, 8], то данный современный способ получения БАВ был применен и в отношении сушеных водорослей *A. plicata* и *P. fucoides*.

Полученные спиртовые экстракты представляли собой прозрачные жидкости зеленого и коричневого цвета, а СК-СО₂ имели темно-коричневую вязкую маслянистую массу. При растворении СК-СО₂ в 96% спирте получали желтые и зеленые прозрачные растворы.

По результатам оценки антимикробных свойств спиртовых экстрактов установлено, что полученные вытяжки не обладали антимикробной активностью в отношении всех тест-объектов. Вероятно, отсутствие антимикробной активности экстрактов связано с недостаточной концентрацией в них БАВ. В связи с этим, спиртовые экстракты были сконцентрированы и проведены исследования по определению их антимикробной активности. В ходе исследований установлена антимикробная активность в отношении штаммов *S. aureus* и *L. monocytogenes* у экстракта, полученного из свежей *P. fucoides*. Коэффициент лизиса спиртового экстракта при этом составил 1,3 для обоих видов тест-объектов. Также установлено, что СК-СО₂ *P. fucoides* обладает антимикробными свойствами против *L. monocytogenes* (коэффициент лизиса 1,4) (рисунок 1).



а - чашка Петри с культурой *S. aureus* и дисками, пропитанными спиртовыми экстрактами;
 б - чашка Петри с культурой *L. monocytogenes* и дисками, пропитанными спиртовыми экстрактами;
 в - чашка Петри с культурой *L. monocytogenes* и диском, пропитанным СК-СО₂ *P. fucoides*.

К – контроль;

1с – диск пропитанный экстрактом из свежих *P. fucoides*;

1в – диск пропитанный экстрактом из сушеной *P. fucoides* (соотношение водоросли: экстрагент 1:50);

2в – диск пропитанный экстрактом из сушеной *P. fucoides* (соотношение водоросли: экстрагент 1:32);

СК-СО₂ *P. fucoides* – диск пропитанный СК-СО₂ экстрактом из сушеной *P. fucoides*.

Рис. 1. Чашки Петри с зонами угнетения роста микроорганизмов после внесения на засеянную агаровую питательную среду дисков с экстрактами

Таким образом, исходя из экспериментальных данных, было установлено, что экстракты *P. fucoides* обладают узконаправленным антимикробным действием.

Концентрированные спиртовые экстракты из *A. plicata*, *P. rotunda*, а также СК-СО₂ *A. plicata* не показали антимикробной активности против исследуемых штаммов микроорганизмов. Следует отметить, что экстракт, полученный из смеси *A. plicata* и *P. fucoides*, также не обладал антимикробной активностью против исследуемых тест-объектов. Таким образом, для получения биологически активного экстракта необходимо проводить разделение водорослей находящихся в природной смеси по их видовому составу.

После добычи водоросли подвергают сушке, в связи с этим было проведено сравнение коэффициентов лизиса спиртовых экстрактов полученных из свежих и сушеных водорослей. Из рисунка 1 видно, что сушеные водоросли *P. fucoides* также пригодны в качестве сырья для получения биологически активного экстракта, как и свежие.

Известно, что *L. monocytogenes* является причиной одной из наиболее тяжёлых видов пищевых инфекций, для которой летальность может достигать 30%. При заражении *L. monocytogenes* происходит поражение центральной нервной системы человека. Группой риска являются новорожденные, беременные, пожилые люди, онкологические больные, ВИЧ-инфицированные и пациенты с трансплантацией органов [9].

S. aureus самый распространённый микроорганизм в этиологии внутри- и внебольничных инфекций. Устойчивость *S. aureus* к антибиотикам является мировой проблемой. Так в стационарах России в 2015-2018 гг. *S. aureus* является причиной 8,9% инфекций. Данный вид инфекции занимает пятое место в структуре возбудителей нозокомиальных инфекций. Наиболее частой патологией являются инфекции кожи и мягких тканей (35,2%), дыхательной системы (30,2%), костей и суставов (12,7%), кровотока (12,7%). Вызванные *S. aureus* заболевания характеризуются большой летальностью [10].

В связи с этим, спиртовые экстракты, полученные из *P. fucoides*, являются перспективными средствами для создания препаратов обладающих противостафилококковыми и противолистерийными свойствами.

В таблице 1 представлена химико-технологическая характеристика экстрактов полученных из *P. fucoides* и *A. plicata*.

Таблица 1

Химический состав и выход концентрированных экстрактов

Наименование показателя	Единицы измерения показателя	Наименование водоросли				
		<i>P.fucoides</i> (свежие, июль)	<i>P.fucoides</i> (свежие, октябрь)	<i>P.fucoides</i> (сушеные, июль)	<i>A.plicata</i>	<i>P.fucoides</i>
		Тип экстракта				
		спиртовой			СК-СО ₂	
Сухие вещества	%	1,3	1,4	1,6	85,9	78,9
Минеральные вещества	% сух.в-ва	31,39	25,24	44,29	не обн.	не обн.
Белок (N _{общ.} *6,25)	% сух.в-ва	11,54	10,71	4,88	не опр.	не опр.
Выход сухого вещества	%	2,4	2,3	14,3	3,1	2,0
Примечания: не обн. – не обнаружено; не опр. – не определяли						

Вероятно, кроме белка и минеральных веществ в экстрактах содержатся углеводы, что подтверждается качественной реакцией с антроновым реактивом. При смешивании экстракта водорослей с антроновым реактивом происходило изменение цвета полученной смеси с коричневого на зелено-синий.

Поскольку в литературе антимикробную активность некоторых экстрактов водорослей связывают с наличием в них жирных кислот [11, 12, 13], то целесообразным было изучить жирнокислотный состав липидов, содержащихся в экспериментальных экстрактах. В таблице 2 представлен ЖКС липидов спиртовых и СК-СО₂ экстрактов *P. fucoides*, *A. plicata*, в сравнении с исходным сырьем.

Жирнокислотный состав липидов *P. fucoides* и экстрактов из *P. fucoides*, *A. plicata*

Жирные кислоты	Содержание ЖК, % от общей суммы жирных кислот					
	<i>P. fucoides</i> (сентябрь, июль)	<i>P. fucoides</i> (сентябрь, июль)	<i>P. fucoides</i> (сентябрь, октябрь)	<i>P. fucoides</i> (сентябрь, июль)	<i>P. fucoides</i>	<i>A. plicata</i>
	Тип экстракта					
	эфирный	спиртовой			СК-CO ₂	
14:0 (Миристиновая)	12,813	7,436	2,453	5,121	1,463	не опр.
16:0 (Пальмитиновая)	15,431	41,704	28,076	34,25	11,578	7,072
С 16:1 n7-с9 Пальмитолеиновая	1,372	7,878	5,142	28,955	5,379	1,176
18:0 (Стеариновая)	0,988	не обн.	не обн.	не обн.	3,472	2,897
С 18:1 n8с Олеиновая	39,356	4,563	4,21	не обн.	20,748	18,278
С 18:2 n6с Линолевая	8,152	2,026	не обн.	не обн.	43,306	48,784
С 18:3 n3-с9, с12, с15 альфа- Линоленовая	2,077	1,420	не обн.	не обн.	2,921	12,168
С 20:1 Гондоиновая	0,236	не обн.	не обн.	не обн.	1,980	0,457
С 20:2 с-11, 14 Эйкозодиеновая	1,305	не обн.	не обн.	не обн.	0,150	не обн.
С 20:4 n6с-5, с8,с11, с14 Арахидиновая	10,511	3,956	6,986	не обн.	0,324	7,605
С 22:1 n9с-13 Эруковая	0,298	2,220	не обн.	не обн.	0,839	
С 20:5 n3-5, 8,11,14,17 Эйкозапентаеновая	3,834	28,042	53,133	31,674	3,965	0,586
С 22:6 n3с-4,7,10,13,16,19 Докозагексаеновая	0,047	не обн.	не обн.	не обн.	1,499	не обн.
Прочие	3,58	0,755	0	0	2,376	0,977
ΣНасыщенные	30,492	49,896	30,529	39,371	17,932	10,945
ΣМононенасыщенные	41,878	14,661	9,352	28,955	29,601	19,911
ΣПолиненасыщенные	27,630	35,444	60,119	31,674	52,466	69,143
омега-3	6,385	29,462	53,133	31,674	8,447	12,754
омега-6	19,940	5,982	6,986	0	43,869	56,389
омега-9	39,654	6,783	4,210	0	21,587	18,278

Примечание - не обн. – не обнаружено

В результате сравнения ЖКС липидов спиртовых экстрактов, полученных из свежих водорослей, заготовленных в июле и октябре, установлено, что содержание полиненасыщенных жирных кислот в два раза больше в экстракте, полученном из осенних водорослей. Также для этого экстракта отмечено более низкое содержание насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот и отсутствие линолевой, альфа-линоленовой и эруковой кислот. Для липидов спиртового экстракта, полученного из свежей июльской *P. fucoides*, доминирующими ЖК являются пальмитиновая (41,7%) и эйкозапентаеновая (28,0%), а для октябрьской *P. fucoides* эйкозапентаеновая (53,1%) и пальмитиновая (28,1%). Таким образом, выявлено, что в процессе роста водоросли *P. fucoides* с июля по октябрь происходит накопление эйкозапентаеновой и снижение содержания пальмитиновой ЖК (таблица 2).

Анализ фракционного состава липидов спиртового экстракта из *P. fucoides*, заготовленной в июле, показал, что они состоят на 50% из фосфолипидов и 50% диглицеридов. В липидах сушеной полисифонии, выделенных методом Сокслета прямым экстрагированием диэтиловым эфиром, содержатся гондоиновая, эйкозодиеновая, стеариновая, докозагексаеновая жирные кислоты, а в спиртовых экстрактах данные ЖК отсутствуют. Вероятно, эти ЖК входят в состав триглицеридов, которые не экстрагируются полярными растворителями (этиловым спиртом). В состав триглицеридов, видимо, входят часть олеиновой, линолевой, альфа-линоленовой, арахидиновой, миристиновой и эруковой ЖК.

Для спиртового экстракта, полученного из сушеной *P. fucoides*, доминирующими являются пальмитиновая (34,25%), пальмитолеиновая (29,0%) и эйкозапентаеновая (31,67%) ЖК. При проведении спиртовой экстракции сушеной *P. fucoides* в экстракт не переходят стеариновая, олеиновая, линолевая, альфа-линоленовая, гондоиновая, эйкозодиеновая, арахидоновая, эруковая, докозагексаеновая. При сравнении жирнокислотного состава липидов спиртовых экстрактов, полученных из свежей и сушеной *P. fucoides*, установлено, что наличие воды в свежих водорослях способствует извлечению олеиновой, линолевой, альфа-линоленовой, арахидоновой, эруковой ЖК. Распределение насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот в спиртовом экстракте из сушеных водорослей практически равномерное и составляет 39,4; 29,0; 31,7% соответственно.

Анализ жирнокислотного состава липидов СК-СО₂ *P. fucoides* показывает, что в нем доминируют олеиновая, линолевая и пальмитиновая кислоты, при этом данные ЖК не являются преобладающими в исходных исследуемых водорослях, что, вероятно, связано с селективностью данного способа экстракции. Для липидов СК-СО₂ *A. plicata* доминирующими являются олеиновая, линолевая и альфа-линоленовая кислоты.

Известно, что такие жирные кислоты как линолевая, линоленовая и арахидоновая относятся к витаминоподобным веществам и объединяются единым термином витамин F [14]. Поскольку отмечено более высокое содержание этих ЖК в липидах СК-СО₂ экстрактов по сравнению со спиртовыми экстрактами, целесообразным является использование данных видов экстрактов в качестве источника витамина F, который широко применяется для изготовления лечебных и косметических препаратов, предназначенных для ухода за кожей, ногтями и волосами.

Около 82-89% ЖК в липидах СК-СО₂ *P. fucoides* и *A. plicata* представлены ненасыщенными жирными кислотами, при этом 52-69% от общего содержания кислот приходится на полиненасыщенные. Следует отметить, что в спиртовых экстрактах преобладают ЖК из группы омега 3, а для СК-СО₂ доминирующими ЖК являются омега 6 и омега 9.

Антимикробную активность спиртовых экстрактов *P. fucoides* можно объяснить наличием в экстрактах таких жирных кислот, как пальмитиновая и пальмитолеиновая, которые преобладают в их липидах. Этот вывод согласуется с данными полученными другими учеными на примере экстрактов красных водорослей *Laurencia papillosa*, *Ceramium rubrum*, *Gracilaria vermiculophylla* [11, 12, 13, 15, 16]. Данное предположение подтверждается также жирнокислотным составом липидов СК-СО₂ *A. plicata*, в котором отмечено низкое содержание пальмитиновой и пальмитолеиновой ЖК по сравнению с липидами других экстрактов из *P. fucoides* с одновременным отсутствием антимикробных свойств в отношении исследуемых тест-объектов. В СК-СО₂ *P. fucoides* содержание пальмитиновой кислоты в 2,5-3,5 раза меньше по сравнению со спиртовыми экстрактами, что, вероятно, обуславливает наличие антимикробных свойств только в отношении *L. monocytogenes*.

Проведены исследования по определению изменения антимикробных свойств спиртовых экстрактов в зависимости от продолжительности их хранения. По предварительным данным установлено, что коэффициент лизиса концентрированного спиртового экстракта полученного из свежей *P. fucoides* практически не меняется в течение 12 месяцев хранения при температуре 3±2°C и составляет в среднем 1,3-1,6 для культур *L. monocytogenes* и *S. aureus*.

В результате оценки пригодности сушеной *P. fucoides* в качестве сырья для получения биологически активных экстрактов установлено, что коэффициенты лизиса для экстрактов, полученных из сушеных водорослей, которые хранились в течение 12 месяцев в крафт-мешках при комнатной температуре, не менялись и составили 1,2-1,5.

Поскольку спиртовой экстракт *P. fucoides* обладает антимикробной активностью в отношении культур *S. aureus* «Виотко» и *L. monocytogenes* 766, то обоснованным является разработка способа получения биологически активного экстракта из неё.

Для определения рационального соотношения водоросли: экстрагент был проведен эксперимент по получению экстракта с использованием соотношений 1:50 и 1:32. Снижение количества экстрагента, используемого для получения экстракта, в 1,6 раза позволяет повысить коэффициент лизиса с 1,1 до 1,6 в отношении *L. monocytogenes* и с 1,1 до 1,7 в отношении *S. aureus*, что составляет 45-55% от исходного значения. Очевидно, повышение коэффициента лизиса связано с получением более концентрированных экстрактов при использовании соотношения водоросли:экстрагент 1:32, о чем свидетельствует повышение содержания сухих веществ в экстракте в два раза при снижении

количества используемого экстрагента. Таким образом, рациональным соотношением водоросли: экстрагент является 1:32.

Известно, что для выделения биологически активных веществ из красных водорослей применяют хлороформ, метанол, этанол, ацетон, эфиры и т.д. [16, 17, 18, 19, 20]. Для подбора оптимального экстрагента с целью получения экстракта обладающего антимикробными свойствами получены двадцать образцов экстрактов с использованием различных органических растворителей и их смесей. В таблице 3 представлены данные коэффициента лизиса экстрактов, полученных с использованием различных органических растворителей, в отношении *L. monocytogenes* и *S. aureus*.

Таблица 3

Значение коэффициента лизиса для экстрактов, полученных из сушеной *P. fucoides*

№	Наименование экстрагента	Коэффициент лизиса	
		Наименование культуры	
		<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>
1	Этанол 60%	1,4	1,9
2	Этанол 70%	1,5	2,2
3	Этанол 80%	1,1	2,0
4	Этанол 96%	1,2	1,7
5	Ацетон	1	1
6	Эфир диэтиловый	1	1
7	Гексан	1	1
8	1-пропанол	1	1
9	Изопропанол	1	1
10	Метанол	1,5	1,9
11	Хлороформ	1	1
12	Петролейный эфир	1	1
13	Этанол-эфир (3:1)	1	1
14	Хлороформ-метанол-вода (1:2:0,8)	1,3	1,9
15	Хлороформ-метанол (1:1)	1	1,7
16	Хлороформ-метанол (1:2)	1	1,4
17	Хлороформ-метанол (2:1)	1	1,2
18	Хлороформ-этанол (1:1)	1,3	1,6
19	Хлороформ-этанол (1:2)	1,2	1,6
20	Хлороформ-этанол (2:1)	1,3	1,8

В ходе исследований установлено, что для получения экстракта обладающего антимикробной активностью в отношении *S. aureus*, возможно использовать этанол с концентрацией от 60 до 96%, метанол, смеси хлороформ-этанол, хлороформ-метанол-вода, в отношении *L. monocytogenes* те же самые растворители, а также смеси хлороформ-метанол (таблица 3).

Следует отметить, что для экстрактов, полученных с использованием смеси хлороформ-метанол, антимикробная активность против *L. monocytogenes* снижалась с увеличением доли хлороформа в смеси. Для смесей хлороформ-этанол данной зависимости как в отношении *L. monocytogenes*, так и в отношении *S. aureus* выявлено не было. При этом изменение соотношения хлороформ-этанол в смеси практически не оказывало влияния на коэффициент лизиса. Наибольшей антибактериальной активностью против *L. monocytogenes* и *S. aureus* обладают экстракты, полученные с использованием 70% этанола (коэффициент лизиса 1,5 и 2,2 соответственно). Таким, образом, для получения биологически активного экстракта из *P. fucoides* рациональным является использование 70% этилового спирта.

Для определения оптимальной продолжительности экстракции с целью получения экстракта, обладающего антимикробными свойствами, водоросли заливали 70% этанолом. Экстракцию осуществляли в течение 14 дней, ежедневно отбирая пробы для оценки антимикробных свойств экстракта. Анализ значений коэффициентов лизиса от продолжительности экстракции показал, что достижение наибольшего данного показателя фиксировалось на 9 день в отношении *L. monocytogenes* и *S. aureus* (рисунок 2).

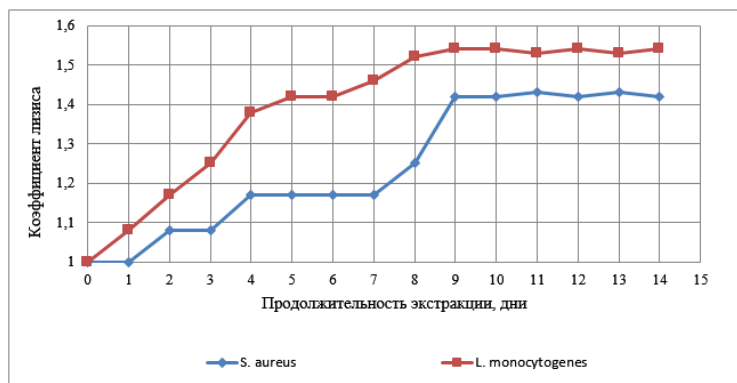


Рис. 2. Изменение коэффициента лизиса спиртового экстракта водорослей в зависимости от продолжительности экстракции

В связи с этим, оптимальная продолжительность экстракции для получения экстракта из *P. fucoides*, обладающего антимикробными свойствами составляет 9 дней. По внешнему виду полученный концентрированный экстракт представляет собой жидкость темно-коричневого цвета. При проведении анализа химического состава полученного экстракта установлено, что содержание сухих веществ составляет 8,6%, минеральных веществ - 2,81%, белка - 0,7%.

Таким образом, экстракт, полученный по разработанному способу, может использоваться для создания лечебно-профилактических продуктов, которые могут найти применение для лечения листериоза и заболеваний вызванных *S. aureus*.

Выводы

Установлено, что спиртовые экстракты из красной водоросли *P. fucoides* обладают антимикробной активностью в отношении культур *S. aureus* «Виотко» и *L. monocytogenes* 766, а СК-СО₂ *P. fucoides* против *L. monocytogenes*.

Показано, что при хранении спиртовых экстрактов из *P. fucoides* при температуре 2-5°C в течение 12 месяцев их антимикробная активность стабильна.

Для получения спиртовых экстрактов, обладающих антимикробными свойствами, определены сроки годности сушеных водорослей *P. fucoides* при хранении их не менее 12 месяцев в крафт-мешках в складских помещениях при поддержании температуры 26±3°C и влажности не более 75%.

Разработан способ получения биологически активного экстракта из *P. fucoides*, основной стадией которого является процесс экстракции 70% этанолом в течение 9 дней при соотношении водоросли: экстрагент 1:32.

Рекомендуется спиртовой экстракт из *P. fucoides* использовать в качестве компонента для создания антимикробных средств, а также при производстве продуктов медицинского назначения, для лечения листериоза и заболеваний, вызванных *S. aureus*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Inhibition of marine bacteria by extracts of macroalgae: Potential use for environmentally friendly anti-fouling paints /Hellio C., De La Broise D., Dufossé L., Le Gal Y., Bourgougnon N. // Mar Environ Res. - 2001. - № 52. - P. 231–47.
2. Screening of cultivated seaweeds for antibacterial activity against fish pathogenic bacteria / Bansemir A., Blume M., Schröder S., Lindequist U. // Aquaculture. - 2006. - № 252. - P. 79–84.
3. Antimicrobial activities of the bromophenols from the red alga *Odonthalia corymbifera* and some synthetic derivatives /Ki-Bong Oh, JiHye Lee, Soon-Chun Chung, Jongheon Shin, Hee Jae Shin, Hye-Kyeong Kim, Hui-Seung Lee // Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. - 2008. - V. 18. - Issue 1. - P. 104-108.
4. Шапиро Д.К. Практикум по биологической химии. 2-е изд. Минск: Выш. школа, 1976. – с. 288.
5. Качество, безопасность и методы анализа продуктов из гидробионтов. Рук. по современным методам исследований морских водорослей, трав и продуктов их переработки / Подкорытова А.В., Кадникова И.А. – М.: ВНИРО, Вып. 3, 2009. - 108 с.
6. Кейтс М. Техника липидологии. Выделение, анализ и идентификация липидов. – М.:Издательство «МИР», 1975. – 323 с.

7. Букеева А.Б., Кудайбергенова С.Ж. Обзор современных методов выделения биоактивных веществ из растений // Вестн. ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. - 2012. - №2. - С. 192–197.
8. Цихмейстр Е.В., Гумеров Ф.М. Применение суб- и сверхкритических флюидов в экстракционных процессах // Вестник Казанского технологического университета. - 2012. - №10. - С. 98–99.
9. *Listeria monocytogenes* // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://amrbook.ru/organisms/15> (дата обращения 21.08.2021).
10. *Staphylococcus aureus* // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://amrbook.ru/organisms/5> (дата обращения 21.08.2021).
11. Shanab S.M. Antioxidant and antibiotic activities of some seaweeds (Egyptian isolates) // Int. J. Agric. Biol. –2007. - Vol. 9. - № 2.– P. 220–225.
12. Antimicrobial activity and lipid profile of seaweed extracts from the NorthPortuguese Coast /Mendes M., Pereira R., Sousa Pinto I., Carvalho A.P., Gomes A.M.// International Food Research Journal.– 2013. - 20(6). - P. 3337-3345.
13. Antimicrobial Lipids from Plants and Marine Organisms: An Overview of the Current State-of-the-Art and Future Prospects / Alves E., Dias M., Lopes D., Almeida A., Maria do Rosário, Rey F.// Antibiotics (Basel).– 2020. - № 9, 441. – P. 1-88.
14. Биохимия витаминов / Германович Н.Ю., Румянцева Н.В., Котович И.В., Баран В.П. Уч.-мет. пособие для студентов фак-тавет.медицины и зооинж. фак-та – Витебск: ВГАВМ, 2004. – 36 с.
15. Extracts and sesquiterpene derivatives from the red alga *Laurencia chondrioides* with antibacterial activity against fish and human pathogenic bacteria / Bansemir A., Just N., Michalik M., Lindequist U., LalkM.// Chem. Biodiv. - 2004. -1(3). - P. 463–7.
16. Novel antimicrobial activity of a dichloromethane extract obtained from red seaweed *Ceramium rubrum* (Hudson) (Rhodophyta: Florideophyceae) against *Yersinia ruckeri* and *Saprolegnia parasitica*, agents that cause diseases in salmonids/ Cortés Y., Hormazábal E., Leal H., Urzúa A., Mutis A., Parra L., Quiroz A.// Electron. J. Biotechnol. - 2014. - Vol.17. - № 3. - P. 126-131.
17. Antimicrobial activities of the extracts of marine algae from the Coast of Urla (İzmir, Turkey) / Tuney I, Cardirci B. H., Unal D., Sukatar A. // Turk J Biol. - 2006. - № 30. - P. 171–175.
18. Dubber D., Harder T. Extracts of *Ceramium rubrum*, *Mastocarpus stellatus* and *Laminaria digitata* inhibit growth of marine and fish pathogenic bacteria at ecologically realistic concentrations // Aquaculture. – 2008. - № 274. - P. 196–200.
19. Antiprotozoal, antimycobacterial and cytotoxic potential of twenty-three british and irish red algae / Allmendinger A., Spavieri J., Kaiser M., Casey R., Hingley-Wilson S., Lalvani A., Guiry M., Blunden G., Tasdemir D. // Phytother. Res. - 2010. - № 24. - P. 1099-1103.
20. Güner A., ÜlküKarabayYavaşoğlu N. Evaluation of Antioxidant, Antimicrobial and Antimutagenic Activity with Irritation Effects of *Ceramium rubrum* (Red Algae) Extract // International Journal of Secondary Metabolite. - 2018. - V. 5. - №4. - P. 279-287.

NEW DATA ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF EXTRACTS FROM RED ALGAE (RHODOPHYCEAE) AND METHODS OF THEIR PRODUCTION

¹Ignatova Tatiana Anatolievna, Ph.D. in technical
Podkorytova Antonina Vladimirovna, Doctor of technical Sciences, Professor
Baskakova Yulia Aleksandrovna, Ph.D. in technical
Mulianova Mariia Petrovna

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography «VNIRO», Moscow, Russia,
e-mail: ¹ignatovavniro@yandex.ru*

*The paper presents the results of studies of the antimicrobial activity of extracts from red algae *Ahnfeltia plicata*, *Polysiphonia fucoides*, *Polyides rotunda*. It was shown that the alcoholic extracts of *P. fucoides* have antimicrobial activity against the cultures of *S. aureus* "Viotco" and *L. monocytogenes* 766, and CK-CO2 of *P. fucoides* - against *L. monocytogenes*. Rational regimes for obtaining an antimicrobial extract from *P. fucoides* have been developed.*

МЕТОДИЧЕСКИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К БИОТРАНСФОРМАЦИИ КОРМОВОГО ВИТАМИНА А

¹Каленик Татьяна Кузьминична, д-р биол. наук, профессор, директор

²Текутьева Людмила Александровна, канд. техн. наук, доцент, заведующая кафедрой

²Сон Оксана Михайловна, канд. техн. наук, доцент

¹Сенотрусова Тамара Алексеевна, канд. техн. наук, доцент

¹Ли Наталья Гаврошевна, старший преподаватель

¹ Департамента пищевых наук и технологий Института наук о жизни и биомедицины (Школа) ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Россия, e-mail: senotrusova.tale@dvfu.ru

² Кафедра биоэкономики и продовольственной безопасности Школы экономики и менеджмента ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Россия, e-mail: son.om@dvfu.ru

Представлен обзор современных технологий в области повышения и изучения биодоступности кормового витамина А. Рассмотрены инновационные технологии в области моделирования процессов пищеварения сельскохозяйственных животных и птиц. Описаны наиболее распространенные способы введения витаминов. Одним из перспективных методов доставки в кровоток лекарственных, биологически активных веществ и других соединений является использование липидсодержащих систем.

Одной из важных задач при разработке способов кормления сельскохозяйственных животных и птиц является разработка сбалансированного рациона, а также повышение биодоступности корма. Один из важных компонентов рациона питания сельскохозяйственных животных и птиц, которые они должны получать в процессе кормления – это витамин А.

Важную роль при трансформации витамина А в организме сельскохозяйственных животных и птиц является размер капель эмульсии. Размер капель в эмульсии может изменять биологическую доступность липофильных биологически активных веществ через множество механизмов. Группой исследователей было установлено, что биодоступность витамина А уменьшается с увеличением размера капель с 0,15 до 11 мкм: от 87 до 39% [1].

В последние годы многие ученые изучали всасывание витаминов и минералов в кишечнике, показав, что они могут проходить через эпителиальный слой мембраны желудочно-кишечного тракта как за счет диффузии молекул или НЧ (пассивный транспорт), так и за счет активного транспорта, опосредованного транспортерами [2]. Результаты этих исследований объяснили переносчики, механизмы транспорта и внутриклеточный метаболизм водорастворимых и жирорастворимых витаминов. Водорастворимые витамины, которые находятся в этерифицированных формах в пищевых продуктах, сначала гидролизуются в желудке (например, фосфорилированный тиамин превращается в свободный тиамин фосфатазами). Затем свободные, неионизированные или ионизированные молекулы водорастворимых витаминов окружаются молекулами воды и всасываются в тонком кишечнике (витамины из продуктов питания) или в толстой кишке (витамины, вырабатываемые микрофлорой толстого кишечника).

Жирорастворимые витамины абсорбируются сегментами желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), как и другие липофильные компоненты, такие как фитостерины и каротиноиды. Прохождение молекул жирорастворимых витаминов через апикальную поверхность эпителиальной мембраны осуществляется с помощью специализированных механизмов, опосредованных носителями (рис. 7). Некоторые транспортеры участвуют во усвоении витаминов за счет транспорта притока, например: SR-B1 (витамины Е и D), NPC1L1 (витамины Е и D) и CD36 (витамины D); в то время как другие переносчики участвуют в возвращении витаминов в просвет кишечника за счет оттока, такие как: SR-B1 (витамины Е и D) и другие потенциальные переносчики оттока витаминов А, D и

Е (Reboul 2013). Фракция жирорастворимых витаминов, которая не вернулась в просвет, перемещается по клетке с помощью внутриклеточных транспортеров (например, клеточного ретинол-связывающего белка II (СRВРII, для транспорта ретинола), а затем включается в хиломикроны, которые проходят в лимфу. Некоторые из жирорастворимых витаминов (А, D и, возможно, Е) транспортируются через базолатеральную сторону энтероцитов с помощью переносчиков кассет связывания АТФ (АВСА1 и, возможно, АВСG1) [3].

При разработке биотехнологий по повышению биодоступности кормового витамина А необходимо создать модель процессов пищеварения сельскохозяйственных животных и птиц. В последние годы появилось множество биорелевантных инструментов *in vitro*, позволяющих лучше прогнозировать эффективность пероральных лекарственных препаратов *in vivo*; особенно для составов, в которых лекарство плохо растворимо или где желателно модифицированное высвобождение. В отличие от методов растворения, используемых при контроле качества и выпуске партий, где используется высокая степень стандартизации используемых методов, эти биорелевантные инструменты часто разрабатывались одной коммерческой компанией или академической группой и применялись лишь к нескольким конкретным рецептурам [2-5].

Что касается надлежащего моделирования состояний желудочно-кишечного тракта, необходима точная информация о составе люминальной жидкости, кинетике переноса, подвижности желудочно-кишечного тракта и влиянии приема пищи и жидкости. Такую информацию нельзя получить из профилей концентрации в плазме, которые часто используются для подтверждения прогностической ценности инструментов *in vitro*, но требуют более продвинутых методологий, таких как аспирация просветного содержимого, сцинтиграфия, телеметрические капсулы и магнитно-резонансная томография (МРТ). Эти подходы не только облегчают получение данных о соответствующих физиологических условиях в желудочно-кишечном тракте человека [1-5], но также позволяют более непосредственно оценивать внутрипросветное поведение лекарственного средства и состава [4].

При изучении процессов метаболизма на уровне ткани и органа обычно считают целесообразным выделить две составляющие: 1) перенос субстратов из крови в межклеточное пространство и далее внутрь клеток и 2) внутриклеточный обмен поступающих в клетку нутриентов и использование их в процессах биосинтеза или энергообеспечения клетки. Обеспеченность субстратами биосинтетической функции клеток определяется в основном тремя физиологическими факторами: концентрацией в притекающей крови, уровнем кровоснабжения органа и состоянием системы трансмембранного переноса из интерстиция в клетку.

В исследовании авторов Лемешевского с соавт. (2016) изучение количественных показателей использования азотистых веществ в сложном желудке бычков проводили методом *in vivo* используя сложнооперированных животных с вживленными хроническими фистулами рубца в соответствии с методикой А.А. Алиева (1998) [5-9].

Одним из показательных современных инструментов моделирования процессов растворения и всасывания лекарственных средств являются биорелевантные среды растворения – важнейший инструмент в области контроля качества лекарственных средств и оценки их взаимозаменяемости. Биорелевантные среды – это среды растворения, максимально приближенные к внутренним жидкостям человеческого организма (кишечный, желудочный сок) по химическому составу и по физико-химическим свойствам (рН, осмолярность, буферная ёмкость, поверхностное натяжение).

Использование данных сред, в отличие от традиционных буферных растворов, позволяет получить наиболее достоверные результаты испытаний благодаря созданию условий «*in vitro*», которые максимально приближены к условиям «*in vivo*» [1-9].

Технология ТИМ. Система ТИМ используется для получения воспроизводимых и надежных научных данных о поведении ваших пероральных лекарственных препаратов во время прохождения через желудок, тонкий и толстый кишечник. Эта динамическая модель желудочно-кишечного тракта *in vitro* способна имитировать состояние желудочно-кишечного тракта людей в разных возрастных группах, таких как взрослые, младенцы и пожилые люди, а также различные состояния животных, таких как свиньи, телят и собак. Как надежный инструмент прогнозирования *in vitro*, системы ТИМ являются альтернативой исследованиям на животных и помогают снизить процент неудач при длительных и дорогостоящих клинических исследованиях на людях. Система ТИМ спо-

способствует эффективной разработке продукта, выбирая наиболее многообещающего кандидата, ориентированного на избранные группы населения. Исследования могут проводиться при различных состояниях желудочно-кишечного тракта и состоянии здоровья в состоянии сытости или натощак.

Одна коммерческая желудочно-кишечная модель (TIM), разработанная Нидерландской организацией прикладных научных исследований (TNO), была подробно описана Minekus et al. (1995, 1999). Модель кишечника TNO (TIM) является очень сложной моделью, поскольку моделируются многие параметры пищеварительной системы человека: например, температура тела, поток слюны, желудочный и панкреатический сок, включая пищеварительные ферменты, и желчь, перистальтика и взбивание, время прохождения через желудочно-кишечный тракт., регулирование pH в желудке и кишечнике и т. д. Модель состоит из двух камер с компьютерным управлением, названных TIM1 и TIM2. TIM1 состоит из четырех отделов, которые представляют желудок, двенадцатиперстную кишку, тощую кишку и подвздошную кишку. Секрция пищеварительного сока и регулировка pH в каждой секции моделируются в соответствии с физиологическими данными. Компонент диализата собирает соединения, и они представляют собой биодоступную фракцию. Материал, выходящий из модели, представляет, с другой стороны (Ансон и др., 2009). TIM2 представляет собой толстую кишку человека, в которой проводятся эксперименты по ферментации толстой кишки. Небиодоступная фракция, полученная из TIM1, может быть инокулирована активными микробами, полученными от человека. Одним из основных преимуществ системы TIM является возможность сбора образцов на любом уровне желудочно-кишечного тракта и в любое время в процессе пищеварения (Etienne-Mesmin et al., 2011). Хотя эта модель измеряет биодоступность, биодоступность также можно измерить, если перевариваемую пищу в конце переваривания TIM1 добавить к клеткам кишечника человека и оценить усвоение питательных веществ [1-10].

При разработке пероральной вакцины БЦЖ против туберкулеза для барсуков мы хотели понять состояние желудочно-кишечного тракта и их влияние на жизнеспособность вакцины. Условия, имитирующие желудок и тонкий кишечник, вызвали значительное снижение жизнеспособности БЦЖ. Мы провели эксперименты *in vivo* с использованием телеметрической системы мониторинга pH и использовали данные для параметризации динамической системы *in vitro* (TIM-1) желудка и тонкой кишки.

Протокол INFOGEST 2.0. Существует несколько типов методов пищеварения *in vitro*, которые обычно используются для пищевых продуктов; они делятся на статические и динамические методы. Эти модели призваны моделировать физиологические условия верхних отделов желудочно-кишечного тракта, а именно оральной, желудочной и тонкой кишечной фаз. Самый динамичный.

Было показано, что модели подходят для моделирования переваривания пищевых и фармацевтических продуктов на различных группах населения и для разных целей. Однако эти модели относительно сложны, дорогостоящи в установке и обслуживании и поэтому может быть недоступны для большинства исследователей пищевых продуктов.

Благодаря своей простоте статические модели, в которых используется постоянное соотношение пищи к ферментам и электролитам, а также постоянный pH для каждой фазы пищеварения, на протяжении многих десятилетий широко использовались для пищевых продуктов, кормов для животных и фармацевтических препаратов. Было показано, что статические модели пищеварения *in vitro* очень информативны для прогнозирования результатов пищеварения *in vivo*. Существуют стандартизированные статические модели, которые различаются по сложности; они используются для моделирования желудочно-кишечного тракта фармацевтических препаратов (методы Фармакопеи США) [2-9].

Однако их экспериментальные условия, цели и конечные точки оказались непригодными для переваривания пищи из-за сложности и разнообразия пищевых структур, а также очень разных вопросы исследования в области науки о продуктах питания. Это привело к использованию большого количества методов пищеварения, обзор, с небольшими, но важными вариациями в таких параметрах, как pH, продолжительность, концентрация и активность ферментов, а также состав смоделированных пищеварительных жидкостей.

Таким образом, была выявлена необходимость гармонизации условий пищеварения, и международная Сеть INFOGEST26 мультидисциплинарных экспертов (например, в области пищевых продуктов, питания, гастроэнтерологии, инженерии и энзимологии) из более чем 35 стран была

учредил. Одним из основных результатов этой сети был международный консенсус по набору параметров пищеварения для статической симуляции *in vitro* пищеварения взрослых, пригодных для употребления в пищу. Метод, обычно называемый методом ИНФОГЕСТ, был опубликован [27], а экспериментальные параметры были обоснованы и подробно обсуждаются с учетом имеющихся физиологических данных *in vivo*. Несколько из предыдущих методов пищеварения, описанные выше, были использованы в качестве отправной точки. С момента публикации в 2014 г. этот метод расщепления *in vitro* получил статус высоко цитируемой статьи по сельскохозяйственным наукам, с более 650 ссылок в Web of Science и широко используется во всем мире для множества задач, с разнообразными продуктами питания и разными конечными точками [1-9].

Энтеральный (пероральный) способ введения лекарственных средств является наиболее распространенным. Одним из перспективных способов доставки лекарственных средств, биологически активных веществ и других в кровотоки является применение липидсодержащих систем – липосом [11-13].

Липосомы – это микроскопические жировые частицы, заполненные жидкостью, оболочка которых состоит из молекул тех же природных фосфолипидов (ФЛ), что входят в состав клеточных мембран. Согласно классификации липидов, ФЛ относятся к группе водорастворимых набухающих амфифилов. Амфифильность ФЛ, обусловленная наличием в молекуле гидрофильной части – фосфорилированного спирта (так называемая «полярная головка») и липофильной части – цепи жирных кислот (так называемый «жирнокислотный хвост»), определяет их уникальные свойства – способность к эмульгированию и диспергированию в водных системах с образованием в определенных условиях мембранных структур (ламелл, липосом, мицелл). Именно это свойство ФЛ взято природой в качестве основы для конструирования всех без исключения клеточных мембран. Оно же, при направленном использовании и специальном подборе, позволяет использовать ФЛ в качестве поверхностно-активного вещества (сурфактанта) при получении эмульсий или в виде наночастиц (липосом, мицелл) как транспортное средство для доставки лекарственных соединений и биологически активных веществ. Водорастворимые (гидрофильные) лекарственные вещества могут быть заключены во внутреннее водное пространство липосом, а жирорастворимые (гидрофобные) включаются в липидный бислой [11-14].

В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе большое внимание уделяется разработке фосфолипидных транспортных систем. Фосфолипидные наночастицы (мицеллы/липосомы) имеют ряд преимуществ перед другими, например, полимерными наночастицами. Они нетоксичны, биodeградируемы, не вызывают аллергических реакций, благодаря своему строению и составу, имеют высокое сродство к мембранам клеток, что позволяет доставлять лекарство внутрь клетки. В настоящее время в мире существует 10-15 сертифицированных наносистем, используемых в качестве переносчиков лекарств, а на фармацевтическом рынке – несколько десятков, в основном, противоопухолевых препаратов, снабженных фосфолипидной системой транспорта (липосомы). Большинство препаратов находятся на последних стадиях клинических испытаний.

Одним из многообещающих направлений в развитии фармакологии являются нанотехнологии. На смену технологическим процессам с применением микрочастиц (препараты жировых эмульсий) пришли технологии, позволяющие работать с наночастицами. Свойства таких частиц дают возможность создать наноконструкции, способные коренным образом изменить диагностику и лечение многих заболеваний [11-14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kostewicz E.S., B. Abrahamsson, M. Brewster, J. Brouwers, J. Butler, S. Carlert, P.A. Dickinson, J. Dressman, R. Holm, S. Klein, J. Mann, M. McAllister, M. Minekus, U. Muenster, A. Müllertz, M. Verwei, M. Vertzoni, W. Weitschies, P. Augustij. *In vitro* models for the prediction of *in vivo* performance of oral dosage forms // *Eur. J. Pharm. Sci.* – V. 57. – 2014. - P. 342-366. 10.1016/j.ejps.2013.08.024

2. Hens B., M. Corsetti, R. Spiller, L. Marciani, T. Vanuytsel, J. Tack, A. Talatoff, G.L. Amidon, M. Koziolk, W. Weitschies, C.G. Wilson, R.J. Bennink, J. Brouwers, P. Augustijns. Exploring gastrointestinal variables affecting drug and formulation behavior: Methodologies, challenges and opportunities // *Int. J. Pharm.* - V. 519. - 2016. - P. 79-97.

3. James Butler, Bart Hens, Maria Vertzoni, Joachim Brouwers, Philippe Berben, Jennifer Dressman, Cord J. Andreas, Kerstin Julia Schaefer, James Mann, Mark McAllister, Masoud Jamei, Edmund Kostewicz, Filippos Kesisoglou, Peter Langguth, Mans Minekus, Anette Müllertz, Ronald Schilderink, Mirko Koziolok, Philipp Jedamzik, Werner Weitschies, Christos Reppas, Patrick Augustijns. In vitro models for the prediction of in vivo performance of oral dosage forms: Recent progress from partnership through the IMI OrBiTo collaboration // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. - Volume 136. - 2019. – P. 70-83.

4. RANA, S., ARORA, S., GUPTA, C., BODEMALA, H. and KAPILA, S., Evaluation of in-vivo model for vitamin A bioavailability from vitamin A loaded caseinate complex. // Food Bioscience. - 2021. – V. 42. – № 101174.

5. Черепанов Г.Г. Метаболические аспекты теории питания продуктивных животных (концепции и модели). – 2001. - 149 стр., илл.

6. Черепанов Г.Г., Макара З.Н., Решетов В.Б. Система комплексной оценки состояния обменных процессов у лактирующих животных на основе построения моделей биокинетики и баз данных. Монография. Боровск, ВНИИФБиП. - 2007. - 85 с.

7. Тараканов Б.В. Методы исследования микрофлоры пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных и птицы. - 1998. - 142 с.

8. Батоев Ц.Ж. Вестник Бурятского государственного университета. Исследование моторной функции сетки жвачных млекопитающих. – 2009. - № 4. – С. 178.

9. Медведев И. К. Проблемы и перспективы развития теории питания жвачных животных на основе субстратной обеспеченности метаболизма. Мат. коорд. сов. – 2003. – С. 41-49.

10. Y. Liu, Y.J. Kim, N. Siriwon, J.A. Rohrs, Z. Yu, P. Wanga Combination drug delivery via multilamellar vesicles enables targeting of tumor cells and tumor vasculature // Biotechnol. Bioeng., V.115 .2018. pp. 1403-1415.

11. Степанов, А. Е. Физиологически активные липиды / А. Е. Степанов, Ю. М. Краснополянский, В. И. Швец. - М. : Наука, 1991. - 136 с.

12. Дудниченко, А. С. Липосомальные лекарственные препараты в эксперименте и клинике / А. С. Дудниченко, Ю. М. Краснополянский, В. И. Швец. - Харьков : РА-Каравелла, 2001. - 144 с.

13. D.T. Murray, J. Griffin, T.A. Cross Detergent optimized membrane protein reconstitution in liposomes for solid state NMR // Biochemistry, V. 53 .2014. pp. 2454-2463.

METHODOLOGICAL AND BIOTECHNOLOGICAL APPROACHES TO BIO-TRANSFORMATION OF COMA VITAMIN A

¹Kalenik Tatiana, Dr. of Biol. Sci., professor, director

²Tekuteva Lyudmila, Phd., Associate Professor, Head of the Department

²Son Oksana, Phd, Associate Professor

¹Senotrusova Tamara, Phd, Associate Professor

¹Li Natalia, Senior Lecturer

¹Department of Food Science and Technology, Institute of Life Sciences and Biomedicine (School), Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, e-mail: senotrusova.tale@dvfu.ru

²Department of Bioeconomics and Food Security, School of Economics and Management, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, e-mail: son.om@dvfu.ru

The article provides an overview of modern technologies in the field of increasing and studying the bioavailability of feed vitamin A. Innovative technologies in the field of modeling the digestion of farm animals and birds are considered. The most common ways of introducing vitamins are described. One of the promising methods for the delivery of drugs, biologically active substances and other compounds into the bloodstream is the use of lipid-containing systems.

«ТОЧКИ КИПЕНИЯ» И «ТОЧКИ РОСТА» В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАГИСТРАНТОВ УГСН 19.00.00 ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИИ И ВЛИЯНИЕ АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОГО РЕГИОНА (ВЬЕТНАМ, СЕВЕРНАЯ КОРЕЯ, КИТАЙ)

¹Каленик Татьяна Кузьминична, д-р биол. наук, профессор, директор Департамента пищевых наук и технологий Института наук о жизни и биомедицины (Школа), Заслуженный работник высшей Школы РФ, Почетный работник Высшего образования

^{2,3}Текутьева Людмила Александровна, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедры Биоэкономики и продовольственной безопасности, генеральный директор ГК «Арника»

^{2,3}Подволоцкая Анна Борисовна, канд. мед. наук, доцент кафедры Биоэкономики и продовольственной безопасности Школы экономики, директор научно-производственного Центра агробиоэкономики ГК «Арника»

⁴Разгонова Майя Петровна, канд. техн. наук, директор Дальневосточной опытной станции «Вир»

¹Сенотрусова Тамара Алексеевна, канд. техн. наук, доцент Департамента пищевых наук и технологий Института наук о жизни и биомедицины (Школа)

¹Табакаева Оксана Вацлавовна, д-р техн. наук, доцент, профессор Департамента пищевых наук и технологий Института наук о жизни и биомедицины (Школа)

¹Мелишкевич Юлия Ивановна, аспирант Департамента пищевых науки и технологий Института наук о жизни и биомедицины (Школа)

¹ФГАО ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия, e-mail: kalenik.tk@dvfu.ru

²ФГАО ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия, e-mail: tekuteva.la@dvfu.ru

³ГК «Арника» ТОО «Надеждинская», Вольно-Надеждинское, Россия, e-mail: podvolotckaia.ab@dvfu.ru

⁴Дальневосточная опытная станция «Вир», Владивосток, Россия, e-mail: razgonova.mp@dvfu.ru

Рассмотрены основные научные направления Департамента пищевых наук и технологий Института наук о жизни и биомедицины ДВФУ в области «Life science», а также образовательные программы, реализуемые в настоящее время по УГСН 19.00.00 Пищевая экология и биотехнологии. Департаментом пищевых наук и технологий Института наук о жизни и биомедицины активно развиваются международные связи в области образования и науки. Рассмотрены «точки кипения» и «точки роста» в процессе обучения магистрантов при участии производственного объединения ГК «Арника».

Самой обсуждаемой темой в реализации программ высшего образования на сегодняшний день является проблема создания образовательных стандартов нового поколения. В самые короткие сроки высшие учебные заведения стараются перестраивать учебные процессы под очередной этап внедрения стандартов высшего образования. Приказом Министерства образования и науки РФ от 12 сентября 2013 г. № 1061 «Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования» утверждены перечни направлений подготовки для бакалавриата, магистратуры и подготовки кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре [1]. Руководствуясь данным Приказом целесообразно было перечислен-

ные направления подготовки объединить в одну группу 19.00.00 «Промышленная экология и биотехнология» и это позволило улучшить качество образования, приблизить образовательные технологии к реально действующим производствам в пищевой промышленности [2, с. 136-137].

Научными направлениями Департамента пищевых наук и технологий в области «Life science» (Института «Биотехнологий и пищевых систем» / «Biotechnology and food systems») являются:

– Биотехнология биологически активных веществ, пищевых продуктов специализированного назначения, персонализированного, функционального питания.

– Научные основы высокотехнологичной, в том числе глубокой переработки сырья растительного, животного, морского и микробиологического происхождения.

– Биологическая безопасность продуктов биотехнологии и генной инженерии.

К кластеру «Пищевые системы» / «Food systems» ДВФУ относят:

– НОЦ «Биотехнологии пищевых систем» / «Biotechnology of food systems»;

– НОЦ «Высокотехнологичной и глубокой переработки пищевого сырья» / «High-tech and deep processing of food raw materials»;

– НОЦ «Гастробизнеса» / «Gastronomy»;

– НОЦ «Безопасности и ветеринарно-санитарной экспертизы» / «Biosafety and Veterinary and Sanitary Expertise»;

– УПЦ «индустрия питания» / «Food industry»;

– Ассоциация предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности г. Владивостока;

– Ассоциация «Никольск» предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности г. Уссурийск и Уссурийского района и другие организации.

На базе Дальневосточного федерального университета в настоящее время действуют следующие диссертационные советы:

Д 999.189.02 объединенный диссертационный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по специальностям 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ; 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств, созданного на базе ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» (приказ Минобрнауки России от 13 марта 2019 г. №222/нк), Председатель Каленик Т.К. Одним из первых в стране был открыт диссертационный совет под руководством Каленик Т.К. в 2003 году в ТГЭУ защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по специальности 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания; 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ.

Д 212.056.16 на базе ДВФУ по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по специальности 05.18.15 – Технология и товароведения пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания, председатель Белкин В.Г.

Д 999.204.02 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), председатель Журавлев Ю.Н.

Нами запланировано открытие новых диссертационных советов в соответствии с новой номенклатурой специальностей принятой на заседании Президиума ВАК от 18 сентября 2020 г. По специальностям «Пищевые системы», «Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ».

Образовательные программы Департамента пищевых наук и технологий (ДПНиТ) Института наук о жизни и биомедицины которые реализуются в настоящее время по УГСН 19.00.00 Пищевая экология и биотехнологии (КЦП бакалавриат – 50, магистратура – 50, аспирантура – 13, общее число студентов более 220, аспирантов – 22, докторантов – 3):

Бакалавриат: 19.03.01 Биотехнология, профиль Пищевая биотехнология, 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания; 19.03.03 Продукты питания животного происхождения; 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья;

Магистратура: 19.04.01 Биотехнология, магистерская программа Агропищевая биотехнология; 19.04.0 Биотехнология, магистерская программа Agri-food Biotechnology (МОП); 19.04.03 Продукты питания животного происхождения; 19.04.05 Высотехнологичные производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения; 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания; 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья;

Аспирантура: 19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии, профиль Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ; профиль Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств; профиль Технология и товароведение продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания, профиль Биотехнология (в том числе бионанотехнологии);

Докторантура: «Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ»; «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств»; «Технология и товароведение продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания»; «Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)».

Образовательные программы, планируемые к открытию в рамках НОЦ «Биоэкономика Дальнего Востока» [3]:

Бакалавриат: 19.03.05 Высотехнологичные производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения; 19.03.01 Биотехнология, профиль Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ из сырья животного происхождения; 36.03.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза, профиль Ветеринарно-санитарный контроль пищевой продукции экспорта и импорта;

Магистратура: 19.04.01 Биотехнология, магистерская программа Безопасность продуктов биотехнологии и геномной инженерии; 19.04.01 Биотехнология, магистерская программа Морская биотехнология пищевой продукции; 36.04.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза, магистерская программа Ветеринарно-санитарный контроль пищевой продукции экспорта и импорта;

Аспирантура: 19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии, профиль Пищевые системы; 19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии, профиль Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ;

Докторантура: «Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ»; «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств»; «Технология и товароведение продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания».

На базе ДВФУ действует научно-методический совет ФУМО (базовый университет КГТУ, г.Калининград) по направлению подготовки Высотехнологичные производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения, председатель – ректор Н.Ю.Анисимов, зам.председателя – ДПНиТ Т.К. Каленик. В связи с этим предлагаю осуществить аккредитацию и лицензирование бакалавриата по направлению подготовки 19.03.05 Высотехнологичные производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения.

На базе ДВФУ действует координационный учебно-методический совет по образованию в области «Биотехнологии» при ДВ РУМЦ, председатель – профессор ДПНиТ Т.К.Каленик. Магистранты по направления подготовки «Агропищевая биотехнология» включены в ВНК по 218ПП (2021г.) и разрабатывают методики определения витамина А в биореливантных средах сельскохозяйственных животных и птиц.

Руководство магистрами проводится в соответствии с мировыми трендами и государственной политикой Российской Федерации, в том числе Указом Президента РФ от 01.12.2016 №642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (приоритетное направление «г» переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработке и внедрению систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранению и эффективной переработки сельскохозяйственной продукции, созданию безопасных и качественных, в том числе функциональных продуктов питания), Комплексной программой развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года (утв. Правительством РФ от 24 апреля 2012 г. № 1853п-П8); Стратегией социально-экономического развития Приморского края от 20 октября 2008 года № 324-К3), Прогнозом научно-технологического развития России: 2030 и другими документами.

Выпускники ДПНиТ востребованы на предприятиях Дальневосточного региона, России и иностранных государств, среди таких организаций, как ООО «Владхлеб», ООО «Ратимир», ООО «Пепсико Холдинг», ППО «Никольск», ООО «Мерси Трейд», ООО «Вик», ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, Роспотребнадзор, Россельхознадзор и др. Многие руководители предприятий обучались и обучаются по образовательным программам ДПНиТ, к примеру А.И.Ступаков, заместитель генерального директора ООО «Ратимир», Н.В.Ситун, к.б.н., директор ООО «Мерси Трейд» А.В. Колот, генеральный директор по качеству при ООО «Вик» Э.А.Пульняшенко, директор Дальневосточной опытной станции «Вир» М.П. Разгонова и др.

По данным Приморского «Центра занятости населения» выпускники данной программы никогда не обращались за помощью в трудоустройстве. Согласно данным Министерства сельского хозяйства Приморского края, Министерства промышленности и торговли Приморского края существует ежегодная потребность для пищевой и перерабатывающей промышленности в подготовке высококвалифицированных кадров, которая составляет 45-50 человек в год.

Департаментом пищевых наук и технологий Института наук о жизни и биомедицины активно развиваются международные связи в области образования и науки со следующими международными партнерами:

- Харбинский коммерческий университет, КНР;
- Университет Бохай, КНР;
- Нихон Университет, Япония (проект Kelp);
- Сингапурский политехнический колледж, Сингапур;
- Болонский университет, Агропищевая школа, Италия;
- Ягеллонский университет, Польша;
- Политехнический университет г. Коимбра, Португалия;
- Варшавский университет наук о жизни, Польша;
- Университет Токай, Япония и др.

В настоящее время осуществляется согласование на международном уровне проекта «Пищевые биотехнологии России – АСЕАН» при участии магистрантов.

Образовательную программу магистратуры 19.04.01 Биотехнология, магистерская программа Агропищевая биотехнология / Agri-food Biotechnology закончили студенты Вьетнама, Северной Кореи, Сирии и др. стран. В настоящее время выпускники ДПНиТ, которые являются гражданами Сирии, Вьетнама, КНР, Северной Македонии, обучаются по образовательным программам ДПНиТ, в том числе в аспирантуре.

К «точкам кипения» в подготовке в процессе обучения магистрантов можно отнести необходимость наличия современных баз практик. Требуется более широкого получения практических навыков, необходимо плотное взаимодействие, сотрудничество с программами, например с таким как WorldSkills.

Выделяют несколько «точек роста» в подготовке магистрантов

- экспорт образовательных услуг российских вузов;
- альянс с ведущими предприятиями с упором на получение инженерных знаний;
- разработка систем взаимодействия с научными исследовательскими организациями для «биологизации» учебных планов;
- подробное изучение генетики растительного животного и микробного мира;
- умение использования микробиома и протеома;
- цифровые платформы пищевых биотехнологий: получение цифровых портретов потребителей и цифровых портретов самих пищевых продуктов.

Таким образом, с целью выпуска востребованных промышленностью, наукой и образованием по направлению подготовки «Биотехнология» необходимо учитывать влияние «точек кипения» и «точек роста» в современном обществе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Письмо МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 05 марта 2020г. № МН-61529-ГТ с приложением. - С. 18.

2. О модернизации основных образовательных программ УГСН 19.00.00 промышленная экология и биотехнологии в соответствии с требованиями ассоциаций работодателей пищевой промышленности в ДВ регионе / Т.К. Каленик, С.А. Ищенко, Т.А. Косенко и др.// Сборник науч. статей и докладов II Международной научно-практической конф. (заоч.), г.Воронеж, 26-27 октября. – Россия, 2016. – С. 136-137.

3. Научно-образовательный центр «Биоэкономика Дальнего Востока» // Электрон. дан. Режим доступа URL: <http://tharnika.ru/nos>

«POINTS OF BOILING» AND «POINTS OF GROWTH» IN THE PROCESS OF TRAINING FOR MASTERS UGSN 19.00.00 INDUSTRIAL ECOLOGY AND BIOTECHNOLOGY AND THE INFLUENCE OF THE ASIAN-PACIFIC REGION (VIETNAM, NORTH KOREA, CHINA)

¹Kalenik Tatiana Kuzminichna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Department of Food Science and Technology of the Institute of Life Sciences and Biomedicine (School), Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Education

^{2,3}Tekuteva Lyudmila Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Bioeconomics and Food Security, General Director of the «Arnika» Group of Companies

^{2,3}Podvolotskaya Anna Borisovna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Bioeconomics and Food Security, School of Economics, Director of the Research and Production Center of Agrobioeconomics of the GC «Arnika»

⁴Razgonova Maya Petrovna, Candidate of Technical Sciences, Director of the Far Eastern Experimental Station «Vir»

¹Senotrusova Tamara Alekseevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the Institute of Life Sciences and Biomedicine (School)

¹Tabakaeva Oksana Vatslavovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the Institute of Life Sciences and Biomedicine (School)

¹Melishkevich Yulia Ivanovna, Postgraduate Student, Department of Food Science and Technology, Institute of Life Sciences and Biomedicine (School)

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, e-mail: kalenik.tk@dvfu.ru

² Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, e-mail: tekuteva.la@dvfu.ru

³ GK «Arnika» TOR «Nadezhdinskaya», Volno-Nadezhdinskoye, Russia, e-mail: podvolotckaia.ab@dvfu.ru

⁴Far Eastern Experimental Station «Vir», Vladivostok, Russia, e-mail: razgonova.mp@dvfu.ru

The article discusses the main scientific directions of the Department of Food Sciences and Technologies of the Institute of Life Sciences and Biomedicine of the Far Eastern Federal University in the field of "Life science", as well as educational programs currently being implemented according to UGSN 19.00.00 Food ecology and biotechnology. The Department of Food Science and Technology of the Institute of Life Sciences and Biomedicine is actively developing international relations in the field of education and science. The «boiling points» and «points of growth» in the process of teaching undergraduates with the participation of the production association GC «Arnika» are considered.

ОБОСНОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛИРОВАННОГО БИОПРОДУКТА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА

¹Король Сона, магистрантка кафедры пищевой биотехнологии

²Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹68.sona.86@gmail.com; ²mezenova@klgtu.ru

Показана актуальность разработки продуктов антистрессовой направленности. Проведен анализ компонентного состава проектируемого биопродукта по типу жевательного мармелада с нейромедиаторными свойствами. В рецептуру биопродукта включены растительные компоненты мяты, стевии и биологически активные олигопептиды – продукты гидролиза рыбной чешуи, обладающие функциональными эффектами. Предложена принципиальная технологическая схема биопродукта на основе экстракта мяты с введением в него желатина и агара, функциональных ингредиентов и глянцеваанием поверхности раствором хитозана. Определены органолептические свойства, химический состав и функциональность биопродукта. Разработаны рекомендации по применению биопродукта для укрепления нервной системы.

Проблема возникновения стресса у человека привлекает внимание специалистов различных областей науки. На сегодняшний день под словом «стресс» понимают реакцию организма на раздражителя. Система наша работает таким образом, чтобы несмотря на раздражителя, организм сохранял постоянство внутренней среды. Стресс вызывает в организме ряд различных заболеваний: психических, эндокринных, сердечно-сосудистых, нервных. Употребление продуктов питания, обогащенных биологически активными веществами антистрессовой направленности, повышающих иммунитет, обладающих целевыми физиологическими эффектами, облегчает течение стресса и неврозов. Обоснование технологии изготовления продуктов питания, способствующих улучшению общего состояния, понижающих восприятие страха, является актуальным научным направлением во всем мире [1].

Целью исследований являлось обоснование компонентного состава и функциональной активности биопродукта антистрессовой направленности в форме жевательного мармелада.

Конкретными задачами для достижения цели являлись: анализ специальной литературы по выявлению основных источников природных нейромедиаторов, подбор желирующих и вкусовых агентов, обоснование принципиальной технологической схемы изготовления биопродукта, разработка его рецептуры, исследование органолептических свойств и химического состава, расчет функциональности по компонентам с нейромедиаторными свойствами, разработка рекомендаций по употреблению.

К продуктам антистрессовой направленности относятся такие продукты, которые в своём составе содержат компоненты с доказанным положительным влиянием на работоспособность и функциональность всех систем организма человека. К ним могут быть отнесены [2]: олигопептиды, антигипоксанты растительной природы, природные регуляторы кривой диссоциации оксигемоглобина, нейропротекторные природные соединения, природные регуляторы иммунитета. Основным компонентом в современных продуктах антистрессовой линии представляется введением в их состав природных фармнутриентов регулирующего либо профилактического действия (адаптогены и тонизирующие средства, нейрогармонизирующие лекарственные растения, растительные иммуностимуляторы, источники витаминов и микроэлементов), эффективность которых давно подтверждена историческим опытом народной и современной медицины.

К растительным источникам с названными свойствами относится мята перечная (*Mentha piperita L.*). В листьях, стеблях и цветах содержится эфирное масло с высоким процентом ментола, азулена, флавоноидов, обладающих нейромедиаторными свойствами. Мятное масло имеет желтоватый цвет, отличается ярким характерным ароматом и охлаждающим вкусом. В растениях мяты содержатся эфирное масло - (2,4–2,75 % в листьях, в соцветиях 4–6 %), дубильные и смолистые вещества, каротин (0,007–0,0075%, в листьях 0,0105–0,012), гесперидин, аскорбиновая (0,0095 %), хлорогеновая (0,7 %), кофейная (0,5–2%), урсоловая (0,3%) и олеаноловая (0,12%) кислоты, рутин (0,014%), бетаин, аргинин, нейтральные сапонины, глюкоза, рамноза, фитостерин [3].

Основным функциональным компонентом мяты перечной приходится ментол. Механизм развития антистрессового эффекта ментола заключается в стимулировании холодовых рецепторов кожи и слизистых, проявлении антисептических и анестезирующих свойств. Ментол обладает и сосудорасширяющим действием. При его попадании на слизистую запускаются реакции, приводящие к расширению кровеносных сосудов и выработке эндорфинов и энкефалинов, которые проявляют антистрессовый эффект. В листьях мяты много каротина, который подавляет выработку свободных радикалов и считается природным. Аскорбиновая кислота увеличивает сопротивляемость организма к вирусным инфекциям, участвует в образовании коллагена, улучшает всасываемость железа. Хлорогеновая кислота – сильный антиоксидант, понижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Кофейная кислота демонстрирует себя как иммуномодулятор и противовоспалительное средство. Рутин (рутозид) уменьшает проницаемость капилляров и улучшает кровообращение, при систематическом употреблении предотвращает возникновение тромба. Цинеол является антисептическим средством [4].

Полезные свойства мяты подтверждены ее широким использованием, они проявляются в выраженном успокаивающем эффекте, улучшении качества сна, избавлении от симптомов стресса и усталости. Доказана польза отваров мяты в качестве обезболивающего и противовоспалительного средства, стимулятора работы желудочно-кишечного тракта, гипертензивного средства. Компоненты мяты, прежде всего, ментол, снижают артериальное давление, улучшает сердечбиение и снимают симптомы тахикардии и стенокардии [5,6]. Доказанные эффекты предопределили использование экстракта мяты перечной в составе проектируемого продукта антистрессовой направленности.

В состав биопродукта антистрессовой направленности были включены в качестве вкусового агента тонкоизмельченная стевия, как натуральный подсластитель, не имеющий калорий. В листьях стевии содержатся дитерпеновые гликозиды, которые придают сладкий вкус, за счёт наличия в составе стевियोзида, ребаудиозида, дулказида, стелвиолбиозида. Стевиозиды, кроме сладости, придают молекуле гликозида растворимость, влияют на всасываемость и на активность. В присутствии стевियोзидов ускоряется нормализация всех обменных процессов, а именно: белкового, углеводного, жирового, восстанавливается антитоксическая функция печени, снижается уровень свободных радикалов, нормализуется содержание сахара в крови. Дитерпеновые гликозиды регулируют гормональную деятельность и повышают устойчивость организма к неблагоприятным условиям окружающей среды, к токсичным веществам, инфекциям [7].

Ценными биологически активными веществами, содержащимися в стевии, являются функциональные ингредиенты, важные в антистрессовом питании Это - флавоноиды, витамины А,С и Е, которые обладают иммуномодулирующим и антиоксидантным действием. В стевии содержится эфирное масло, которое включает более 50 различных веществ и оказывает противовоспалительное, мочегонное, противосудорожное и тонизирующее действие на многие органы. Также является источником всех незаменимых аминокислот. В листьях стевии обнаружены следующие минеральные вещества: фосфор, железо, кальций, магний, калий, селен, натрий, йод, а также кремниевая кислота, улучшающая состояние соединительной ткани, кожи, волосяного покрова и ногтей.

Таким образом, можно сделать вывод о высокой лечебно-профилактической способности стевии [8-11].

Основным протеиновым нейромедиатором в проектируемом биопродукте являются пептидные гидролизаты коллагенсодержащего сырья, обладающие биологической активностью. На кафедре пищевой биотехнологии КГТУ из рыбной чешуи получена пищевая добавка «Ихтиоколлагеновый гидролизат», представляющая собой олигопептиды, полученные ферментализом чешуи сар-

дины и сардинеллы [12]. Установлено, что в данной добавке содержится более 85% пептидов, молекулярная масса которых в 95%-х случаях менее 10 кДа, что означает наличие у них физиологической активности, обусловленной аминокислотным составом. В наибольшем количестве в добавке содержится глицин, пролин, аланин, аргинин. Данные аминокислоты. Глицин является регулятором обмена веществ, нормализует процессы возбуждения и торможения в центральной нервной системе, обладает антистрессорным эффектом, повышает умственную работоспособность. Аланин важный источник энергии для головного мозга и центральной нервной системы; укрепляет иммунную систему путем выработки антител; активно участвует в метаболизме сахаров и органических кислот. Аланин может быть сырьем для синтеза глюкозы в организме, что делает его важным источником энергии и регулятором уровня сахара в крови. Аргинин, условно заменимая аминокислота, участвует в выведении из организма конечного азота (продукта распада отработанных белков).

В качестве структурообразователя проектируемой добавки использованы желатин и агар.

Желатин был выбран в состав биопродукта в качестве загустителя животного происхождения, который способствует синтезу собственных коллагеновых тканей, укреплению опорно-двигательного аппарата, связок и сухожилий. Употребление желированных продуктов рекомендуется для улучшения кожи, ногтей, волос, нормализации пищеварения, избавления от страхов, восстановления после активных физических нагрузок. Желатин является главным источником редкой аминокислоты – глицина.

Для повышения прочности структуры желированного продукта рекомендуется использовать комплексный структурообразователь, включающий желатин белковой природы, несущий положительный заряд, и агар - полисахарид углеводной природы с преобладающим отрицательным зарядом. Их взаимодействие в пищевой системе основано на образовании ионных, ковалентных и водородных связей, в результате чего формируется устойчивая полимерная сетка, внутри которой располагаются биологически активные вещества (олигопептиды, компоненты стевии и мяты).

Для предотвращения усушки желированного биопродукта предлагается покрыть его тонкой пленкой биополимера хитозана в растворе лимонной кислоты в качестве глазирователя. Эта операция позволяет повысить барьерные свойства продукта, защитить от воздействия внешних факторов, создать привлекательный внешний вид, продлить срок годности продукта.

В ряду природных пищевых полимеров хитозан является уникальным компонентом, обладающим биосовместимостью, нетоксичностью, биodeградируемостью. В связи с растворением его в пищевых кислотах последние приносят дополнительный вкусовой и антисептический эффекты в проектируемый биопродукт [13].

В результате проведенного анализа по подбору компонентов с нейромедиаторными, вкусовыми и структурообразующими свойствами и выбора формы биопродукта в виде жевательного мармелада была предложена принципиальная технологическая схема его изготовления (рисунок 1) и соответствующая рецептура (таблица 1). Была определена пищевая ценность (таблица 2), исследованы химические показатели (таблица 3) и органолептические показатели биопродукта (таблица 4).

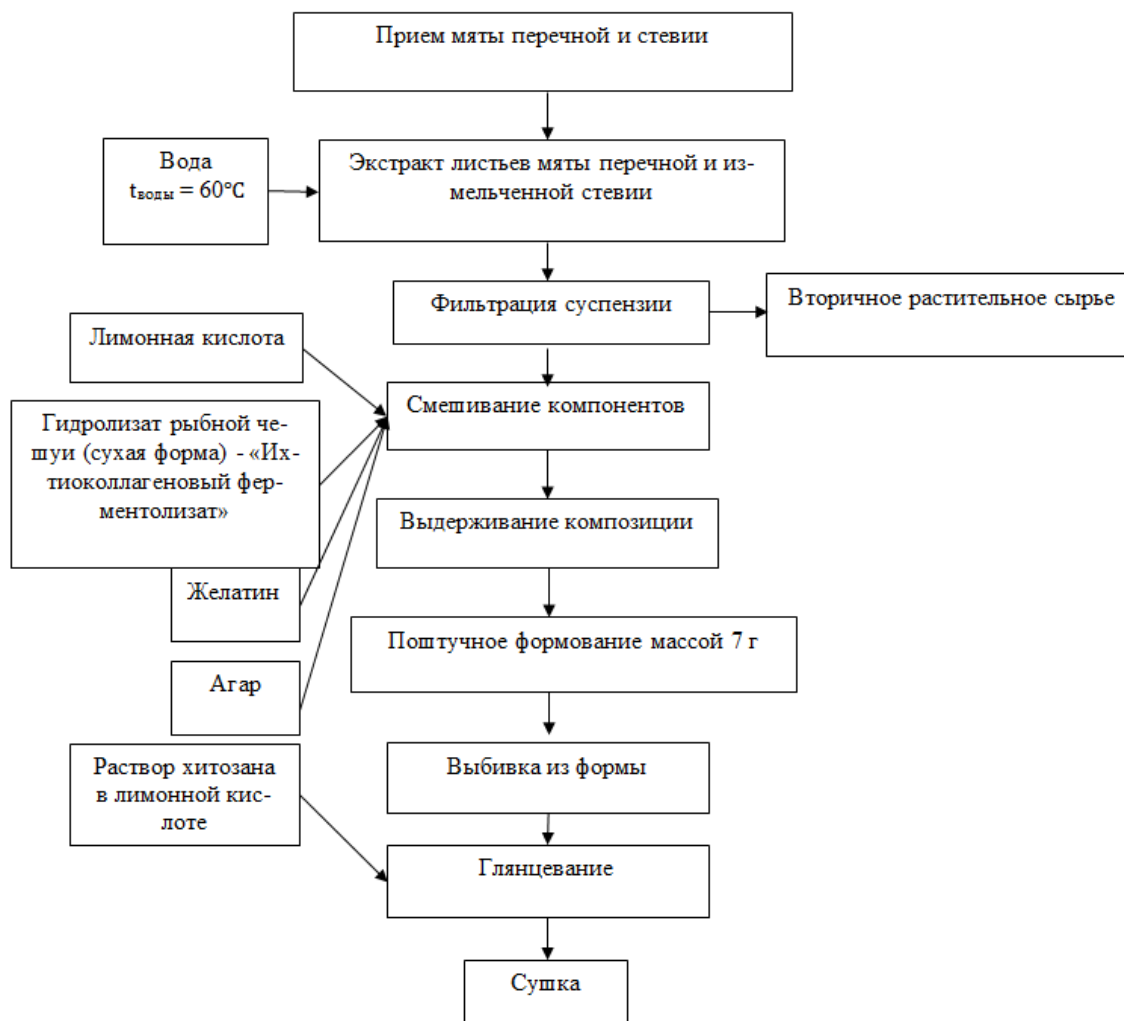


Рисунок 1 – Технологическая схема изготовления биопродукта по типу жевательного мармелада с нейромедиаторными свойствами

Сущность технологии получения биопродукта (рис. 1) заключается в получении водного экстракта листьев мяты перечной и суспендированной измельченной стевии, введение в него заданного количества желатина и агара, с одновременным обогащением низкомолекулярными пептидами рыбной чешуи. После формования пищевой системы и застывания биопродукта в виде заданных форм массой 7г проводят штучное глазирование раствором хитозана.

После фильтрации экстракта остается вторичное растительное сырье. Данное вторичное сырье может быть использовано как: получение компостов, получение кормовой муки, эфирное масло.

Таблица 1

Рецептура желированного биопродукта антистрессовой направленности

Состав	Содержание, г компонента на 100 г
Экстракт листьев мяты перечной и стевии	78,5
Добавка пищевая технологическая «Ихтиоколлагеновый ферментоллизат» (сухая форма)	3,7
Желатин	7,5
Агар	3,7
2% раствор хитозана в 9% лимонной кислоте	6,6

Пищевая ценность желированного биопродукта антистрессовой направленности

Наименование показателя	Результат эксперимента
Массовая доля влаги, %	17,0
Массовая доля сухих веществ, %	83,0
Массовая доля золы, %	0,04
Массовая доля белка, %	27,3
Массовая доля углеводов, %	55,66

Большое количество углеводов объясняется тем, что помимо агара и хитозана в рецептуру добавляется также стевия, богатая углеводами (пищевые волокна). Также биопродукт богат гликозидами, которые относятся к углеводам. Все это и объясняет высокое содержание углеводов в продукте.

Таблица 3

Химические показатели желированного биопродукта антистрессовой направленности

Наименование показателя	Результат эксперимента	Пересчет на 7 г готового продукта	Суточная потребность *	% от суточной потребности при употреблении 100 г
витамин С, мг /%	40,14	16,11	70-7000 мг	54,37
биофлавоноиды, мг /%	34,3	2,4	85-120 мг	40
глицин, %	5,12	0,36	3,5-5,6 г	91,43

* С учетом требований МЗ 2.3.1.1915-04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ».

Таблица 4

Органолептические показатели желированного биопродукта антистрессовой направленности

Показатели	Характеристика
Внешний вид	Изделия целые, с ровными срезами, поверхность матовая
Цвет	Однородная желированная, матовая
Аромат	Ярко выраженный, свойственный лимонной кислоте и мяте перечной
Вкус	Интенсивно выраженный, приятный, слегка кисловатый, натуральный, свойственный мяте перечной, гармоничный, умерено сладковатый
Консистенция	Прочная, желированная, без отслаивания жидкости, раскусывающаяся

Исходя из данных таблицы 3, можно сделать вывод, что данный биопродукт является функциональным по содержанию нейромедиаторов – глицина, витамина С, биофлавоноидов, если его употреблять систематически по 14 изделий массой 7 г в сутки. В данном случае будет удовлетворяться физиологическая норма в употреблении веществ-нейромедиаторов: глицина – на 91,43%, витамина С – на 54,37%, биофлавоноидов – на 40%.

Принимать новые биопродукты следует как обычный жевательный мармелад.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белинская Е.П. Homo Laborans, Человек Работающий. Междисциплинарный подход к проблемам здоровья / Е.П. Белинская, Д.В. Бондарев, К.А. Бочавер. – М.: Издательство, 2018. – 194 с.
2. Новиков В. С. Функциональное питание человека при экстремальных воздействиях / Н.С. Новиков, В.Н. Каркищенко, Е.Б. Шустов. – СПб.: Политехника-принт, 2017. – 346 с.
3. Акопов И. С. Растения, оказывающие успокаивающее (седативное) действие на центральную нервную систему / И.С. Акопов-RELGA – научно- культурологический журнал, 2005. - N 13, ч. 1– 64 с.
4. Borisov, M. I. Medicinal properties of agricultural plants/ M. I. Borisov, B. M. Korshikov, G. V. Makarova- Journal of plants, 2020. - №28. - 125-128 p.

5. Zhoglova, K. N. Morphological and anatomical analysis of raw peppermint (*Mentha piperita* L) of the family Lamiaceae (Lamiaceae)/ K. N. Zhoglova, O. S. Poloveckaya, M. B. Nikishina, E. V. Ivanova -Bulletin of modern research, 2018.-№12.1(27). - 339-341 p.
6. Jorgacheva, E. G. The potential of medicinal, aromatic plants in improving the quality of wheat bread/ E. G. Jorgacheva, T. E.-East European Journal of Advanced Technology,2014.- №2/12(68). - 101-107 p.
7. Astaf'eva, O. V. Studies of antibacterial activity extracts of some plants of the Astrakhan region/ O. V. Astaf'eva, Z. V. Zhuravleva - Materials of the II scientific-practical conference of students and young scientists, 2018. - 10-11 p.
8. Ядав С. К. Гликозиды стевиола из стевии: обзор путей биосинтеза и их применение в пищевых продуктах и медицине/ С. К. Ядав, П. Гулерия - Крит. Науч. - практ. конф., 2012. - №52(11). - 988-998 p.
9. Чжан К. Токсикологическая оценка этанольного экстракта из листьев стевии ребаудиана Бертони: генотоксичность и субхроническая пероральная токсичность/ К. Чжан - Regul. Токсикол. Фармакол. 2017. - № 86. - 253-259 с.
10. Укия М. Цитотоксическая и индуцирующая апоптоз активность производных стевиола и изо-стевиола в отношении линий раковых клеток человека/ М. Укия, С. Савада, Т. Кикучи-Химия. Biodivers, 2013. - №10(2). - 177-188 с.
11. Tavarini S. Stevia rebaudiana Bertoni as a source of bioactive compounds: the effect of harvest time, experimental site and crop age on steviol glycoside content and antioxidant properties/ S. Tavarini, L.G. Angelini - J. Sci. Food Agric, 2013. - № 93(9). - 121-129 p.
12. Мезенова О.Я. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности / О.Я. Мезенова, В.В. Волков, Т. Мерзель, Т. Гримм, С. Кюн, А. Хелинг и др. - Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8. № 4. С. 83–94
13. Варламов В.П. Хитин и Хитозан: природа, получение и применение / В.П. Варламов, С.В. Немцев, В.Е. Тихонов – М.: российское хитиновое общество, 2010. – 292 с.

SUBSTANTIATION OF THE FORMULATION AND TECHNOLOGY OF A GELATED BIOPRODUCT DESIGNED TO INCREASE THE STRESS RESISTANCE OF THE ORGANISM

¹Korol Sona, master

²Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia
e-mail: ¹68.sona.86@gmail.com; ²mezenova@klgtu.ru

The relevance of the development of anti-stress products is shown. The analysis of the component composition of the projected product by the type of chewing marmalade with neurotransmitter properties is carried out. The formulation of the biological product includes plant components of mint, stevia and biologically active oligopeptides-products of hydrolysis of fish scales that have functional effects. A basic technological scheme of a bioproduct based on mint extract with the introduction of gelatin and agar, functional ingredients and glossing of the surface with a chitosan solution is proposed. The organoleptic properties, chemical composition and functionality of the biological product were determined. Recommendations for the use of a bioproduct for strengthening the nervous system have been developed.

МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ СПРОСА НА БЕЗЛАКТОЗНОЕ МОРОЖЕНОЕ

¹Лютова Екатерина Владимировна, канд. техн. наук
Ушанова Елизавета Александровна, выпускница кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹ekaterina.lyutova@klgtu.ru

Статья посвящена изучению спроса на разрабатываемый новый продукт – безлактозное мороженое. Так как количество людей с непереносимостью лактозы ежегодно растет, предлагается разработать функциональное безлактозное мороженое без сахара под названием «Mindalka». Мороженое будет приготовлено из миндального молока, кокосовых сливок, сорбита, яичного порошка. Также данное мороженое могут употреблять вегетарианцы, для которых ассортимент данного десерта не достаточно расширен.

В 2021 году появляются новые тенденции в пищевой отрасли, которые в дальнейшем окажут влияние на потребительский спрос.

Основное влияние на изменение тенденций, которые станут ключевыми в ближайшие 12 месяцев, оказали поведенческие и социальные особенности потребителей, сложившиеся в период пандемии. У потребителей появилось постоянное чувство тревоги, а также поменялись приоритеты и теперь особое внимание уделяется собственному здоровью.

На данный момент наблюдается повышенный спрос на продукты питания и напитки, которые поддерживают иммунную систему, улучшают настроение и уменьшают наше воздействие на окружающую среду.

Также можно отметить, что 2021 год связан с расширением спроса на растительную белковую пищу. Альтернатива молочных продуктов на рынке растительного питания раньше всех была представлена в качестве инновации. В настоящее время их ассортимент постоянно расширяется, поэтому производители в данной отрасли пытаются охватить и другие продукты питания, такие как йогурт, мороженое, масло, спреды и сливки [1].

Если отталкиваться от предпочтений, то хотелось бы потреблять продукты не только полезные, но и вкусные. Именно поэтому, не затрагивая продукты первой необходимости, можно выделить мороженое как один из часто покупаемых лакомств населения [2].

Мороженое является пищевым продуктом, который представляет собой замороженную в процессе непрерывного взбивания массу, содержащую в основе своей питательные, вкусовые, ароматические и эмульгирующие вещества. К мороженому нередко относят также фруктовый лёд, получаемый простым замораживанием фруктово-ягодных соков и пюре.

Но, к сожалению, молочные продукты могут употреблять далеко не все желающие. С каждым годом все больше распространяется лактозная непереносимость (или лактазная недостаточность) – состояние, когда организм не может свободно переваривать лактозу и сахар, содержащийся в молоке и молочных продуктах. Непереносимость лактозы возникает у людей, у которых вырабатывается низкое количество фермента лактаза, необходимого организму для нормального расщепления и переваривания лактозы [3]. Экспериментальными исследованиями доказано, что высокую активность фермента обеспечивают только зрелые, функционально-активные энтероциты (клетки кишечника).

Это заболевание провоцирует возникновение синдрома мальабсорбции (недостаточного всасывания питательных веществ пищи в тонком кишечнике для всего организма) и мальдигестии (недостаточного переваривания еды и, как следствие, недополучение питательных веществ из пищи), что способствует расстройству белкового, жирового, углеводного обмена веществ, потере минеральных микроэлементов и нарушению метаболизма витаминов.

Так как количество людей с данным заболеванием растет, предлагается проект функционального безлактозного мороженого без сахара под названием «Mindalka». Мороженое будет приготовлено из миндального молока (очищенный миндаль измельченный до стружки, размером 0,5мм замоченный предварительно в воде на 2 часа), кокосовых сливок, сорбита, яичного порошка. Также данное мороженое могут употреблять вегетарианцы, для которых ассортимент данного десерта не достаточно расширен.

Для прогнозирования спроса и определения потребности в новом проектируемом продукте были проведены маркетинговые исследования потребителей методом онлайн опроса. Применяли структурированный опрос, т.е. все опрашиваемые отвечали на одни и те же вопросы. Было опрошено 128 респондентов - жителей г. Калининграда и Калининградской области. Опрос проходил в режиме онлайн анкетирования по ссылке https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdUt4GJxIJgdn_nhZHZfPnm31eJrRn6JgeS3ym1sroyrNrWQ/closedform в социальной сети «ВКонтакте».

В исследовании участвовали люди разных половых и возрастных категорий. 59,6 % опрошенных были женщины и 40,4 % - мужчины, в возрасте от <18 до >45 лет.

Согласно проведенным исследованиям установлено, что 32,7% опрошенных страдают лактозной непереносимостью сами, либо страдают их близкие (Рисунок 1).

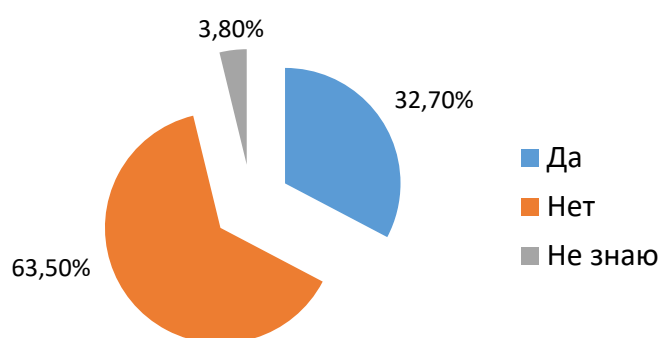


Рисунок 1 – Непереносимость лактозы среди населения Калининградской области

Подавляющее количество опрошенных респондентов положительно (98,1%) относятся к производству мороженого только из растительного сырья без сахара (Рисунок 2).

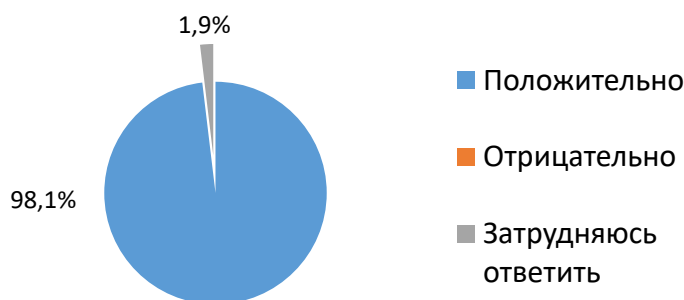


Рисунок 2 – Отношение потребителей к производству мороженого только из растительного сырья без сахара.

Была выявлена частота приобретения мороженого респондентами: так не чаще 1 раза в месяц (40,4%), 2-3 раза в месяц (38,5%), от 1 раза в неделю и чаще (21,2%). Результаты по уровню потребления хлеба в сутки представлены на рисунке 3.

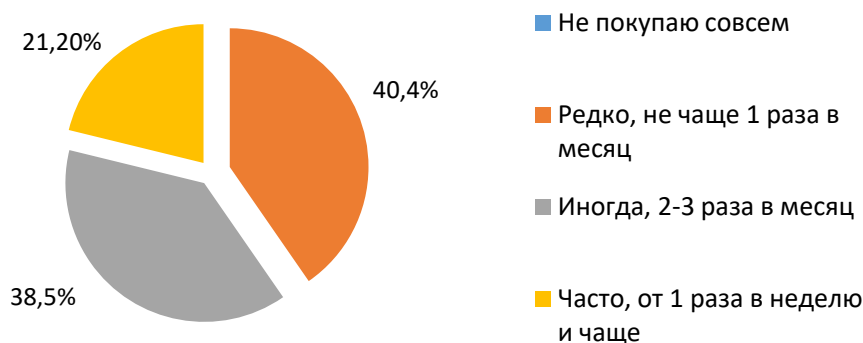


Рисунок 3 – Частота потребления мороженого респондентами Калининградской области.

Участникам исследований задавался вопрос о желании попробовать мороженое без лактозы только из растительного сырья без сахара. Большинство респондентов (98,1%) оказались готовы к употреблению нового мороженого без лактозы (Рисунок 4).

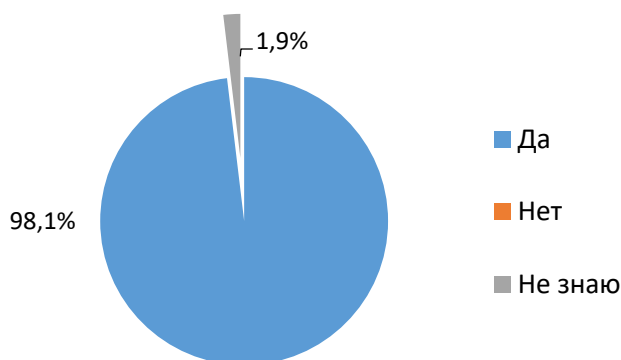


Рисунок 4 – Готовность респондентов к употреблению безлактозного мороженого без сахара.

Также респонденты проголосовали о расширении ассортимента мороженого для людей, страдающих лактозной непереносимостью и людей, с повышенным содержанием сахара в крови. Количество голосов «скорее да, чем нет» составило 100% (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Отношение респондентов к расширению ассортимента десертов для людей, страдающих лактозной непереносимостью и людей, с повышенным содержанием сахара в крови.

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что население Калининградской области имеет интерес к мороженому с заменителем молочного жира, в связи с этим считаю, что завод по производству мороженого в Калининграде будет востребован.

В ходе опроса также была исследована следующая информация:

1. Половая принадлежность: женский – 59,6%; мужской – 40,4%.
2. Возрастные категории: до 18 лет (13,5%); 18-25 лет (50,0%); 26-35 лет (25%); 36-45 лет (7,7%); старше 45 лет (3,8%).
3. Наличие у респондентов или их близких лактозной непереносимости: да (32,7%); нет (63,5%); не знаю (3,8%).
4. Отношение респондентов к мороженому только из растительного сырья без сахара: положительно (98,1%); затрудняюсь ответить (1,9%).
5. Частота покупки респондентами мороженого: редко (40,4%); иногда (38,5%); часто (21,2%).
6. Количество опрошенных, которые хотели бы попробовать мороженое без лактозы только из растительного сырья без сахара: да (98,1); не знаю (1,9%).
7. Отношение респондентов к расширению ассортимента десертов для людей, страдающих лактозной непереносимостью и людей, с повышенным содержанием сахара в крови: скорее да, чем нет (100 %).

По результатам проведенных маркетинговых исследований можно сделать вывод, что большинство респондентов достаточно заинтересованы в появлении нового предлагаемого безлактозного мороженого только из растительного сырья без сахара, что свидетельствует о целесообразности разработки технологии данного продукта, чему и будут посвящены дальнейшие исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТОП-5 глобальных трендов пищевой промышленности 2021 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dairynews.ru/news/top-5-globalnykh-trendov-pishchevoy-promyshlennost.html> (дата обращения: 14.05.2021)
2. Производство мороженого растет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dairyunion.ru/proizvodstvo-morozhenogo-rastet/> (дата обращения: 14.05.2021)
3. Лактозная непереносимость [Электронный ресурс]. – URL: <https://medicover.ua/ru/blog/laktoznaja-nepereenosimost.html> (дата обращения: 15.05.2021)

DETERMINATION OF THE SHELF LIFE OF DRIED FISH-GROWING SNACKS BASED ON MEAT AND BONE FISH RAW MATERIALS

¹Liutova Ekaterina Vladimirovna, PhD, Associate Professor,
Ushanova Elizaveta Aleksandrovna, student

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹ekaterina.lyutova@klgtu.ru

The article is devoted to the study of the demand for a new product being developed - lactose-free ice cream. As the number of people with lactose intolerance grows every year, it is proposed to develop a functional lactose-free sugar-free ice cream called «Mindalka». Ice cream will be made from almond milk, coconut cream, sorbitol, egg powder. Also, this ice cream can be consumed by vegetarians, for whom the range of this dessert is not sufficiently expanded.

ВЛИЯНИЕ ЭРИТРОМИЦИНА НА РОСТ МИКРООРГАНИЗМОВ АКТИВНОГО ИЛА

¹Мащенко Зинаида Евгеньевна, канд. фармацевт. наук,
доцент кафедры технологии пищевых производств и биотехнологии
Бахарев Владимир Валентинович, д-р хим. наук, заведующий кафедрой
технологии пищевых производств и биотехнологии, декан факультета
пищевых производств
Русских Яна Маратовна, студентка 4 курса факультета пищевых производств

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
Самара, Россия, e-mail: ¹ mzinaida@yandex.ru

В настоящее время в результате чрезмерного и бесконтрольного применения в медицине и ветеринарии антибиотики оказывают негативное воздействие на экологию водных объектов. Одним из способов очистки сточных вод от антибиотических препаратов является биологическая очистка с помощью активного ила, поэтому важное значение имеют исследования по влиянию антибиотиков на микрофлору активного ила. В работе представлены результаты влияния эритромицина на рост бактерий надилловой жидкости на твердой и жидкой питательных средах. В результате исследования было установлено, что эритромицин угнетает рост микроорганизмов активного ила.

На сегодняшний день во всем мире проведены работы по обнаружению в сточных водах остатков лекарственных средств, одними из которых являются антибиотики. Антибиотики попадают в сточные воды в результате широкого применения и активного их использования в ветеринарии для стимуляции роста скота в качестве добавки в корм в низких дозах, бесконтрольном отпуске таких препаратов и глобальной доступности для людей, а также из-за ненадлежащей очистки сточных вод при производстве лекарственных средств фармацевтическими предприятиями [1].

Очистка сточных вод протекает в несколько этапов. Один из них предполагает использование активного ила – сообщества самых разнообразных организмов и бактерий, которые способствуют разложению органических загрязнений, что приводит к получению сточных вод высокого качества.

Сточные воды подвергаются биологической очистке в две стадии: на первой стадии – происходят физико-химические процессы, которые подразумевают под собой адсорбцию органических загрязнителей поверхностью микроорганизмов, с последующим образованием биопленки или активного ила; на второй стадии – органические вещества, адсорбированные бактериальными клетками, подвергаются окислению, заключающемся в поглощении питательных веществ микроорганизмами [2].

В процессе очистки сточных вод, лекарственные средства удаляются малоэффективно, и при попадании в воду могут негативно влиять на состояние живых организмов, а также дезорганизовать процессы в естественных экосистемах различных водных объектов.

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что знания о том, как именно антибиотики влияют на биоценоз активного ила, в будущем могут способствовать для усовершенствования методов очистки сточных вод, чтобы избежать проникновения лекарственных средств в природные экосистемы, и тем самым улучшить экологии водных объектов.

Данная работа преследует следующую цель – изучить влияние эритромицина на рост микроорганизмов активного ила.

При исследовании воздействия эритромицина на рост микроорганизмов надилловой жидкости на твердой питательной среде был использован метод диффузии в агар. 1,5 см³ надилловой жидкости вносили в чашки Петри простерилизованной пипеткой, и заливали 10-12 см³ расплавленным

питательным агаром при фламбировании краев колбы, где он содержался. Надилловую жидкость быстро смешивали с агаром, осторожно вращая чашку Петри по плоскости рабочей поверхности. После этого чашки оставляли в горизонтальном положении до тех пор, пока среда не застынет. Разведения антибиотиков, которые были приготовлены не посредственно перед использованием, вносили в предварительно помещенные на поверхность застывшей среды (питательный агар) стерильные цилиндры из нержавеющей стали (по 3 цилиндра в каждой чашке). Раствор испытуемого образца вносят объемом 0,1 см³. Концентрации антибиотика в исследовании от 0,1; 0,3; 0,5; 1; 2; 3 мг/см³. Инкубировали в термостате при температуре 37 °С в течении 24 ч. Контрольная проба была без добавления антибиотика. Наблюдали количество выросших колоний на чашках Петри и диаметр зон задержки роста тест-микробов, образуемых испытуемыми растворами.

В контрольной пробе и в пробах, содержащих концентрации эритромицина 0,1; 0,3 0,5 мг/см³, наблюдался рост микроорганизмов в толще и на поверхности твердой питательной среды. А при концентрации эритромицина 1; 2 и 3 мг/см³ наблюдается преобладание поверхностного роста, одиночные колонии стали меньше по диаметру по сравнению с пробами, содержащих меньшие концентрации антибиотика. Также было замечено, что с увеличением концентрации эритромицина, увеличивалось пространство около цилиндра, на котором не наблюдался рост микроорганизмов.

Для того, чтобы получить чистые культуры микроорганизмов из активного ила, были применены: плотная среда – 2 % микробиологический агар, жидкая среда – 2 % - ферментативный пептон.

В чашки Петри вносили 1,5 см³ надилловой жидкости простерилизованной пипеткой и заливали 10-12 см³ расплавленным питательным агаром. Надилловую жидкость быстро смешивали и оставляли на горизонтальной поверхности до застывания среды. Через 24 ч выросшие колонии подвергались микроскопированию для установления их родовой принадлежности, по определителю Берджи. При дальнейшем изучении влияния данного антибиотика на активный ил решено было использовать микроорганизмы, которые присутствовали в надилловой жидкости в наибольшем количестве, - бактерии р. *Gordonia*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*. После идентификации, выбранный род микроорганизмов, пересеивали в жидкую питательную среду (2 % ферментативный пептон), для получения чистой культуры. Непосредственно изучение влияния эритромицина на чистые культуры бактерий активного ила осуществлялся на жидкой питательной среде. Посевным материалом служила 18-ч культура бактерий. Далее накопительную культуру микроорганизмов вносили в жидкую питательную среду с исследуемым антибиотиком в концентрациях 0,1; 0,3; 0,5; 1; 2; 3 мг/см³. Бактериальную суспензию добавляли в среду с эритромицином объемом 1 см³. Инкубирование микроорганизмов производился на вибростенде при 37 °С, забор проб осуществлялся в течение 56 ч каждые 4 ч. Наблюдение за ростом бактерий проводилось с помощью определения изменений оптической плотности культуры спектрофотометрическим методом при длине волны 580 нм в кюветах толщиной 1 см [3].

24-часовые колонии бактерий р. *Gordonia* на твердой питательной среде образовывали прозрачные бесцветные пастообразные, гладкие колонии, плотно срастающиеся со средой. Воздушный мицелий был скудным, пигментов не образовывал.

Данные по исследованию влияния эритромицина на рост микроорганизмов р. *Gordonia* представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значения оптической плотности в процессе инкубации микроорганизмов р. *Gordonia*

Концентрация, мг/см ³	Время, ч						
	0	4	8	24	32	48	56
Контроль	0,105	0,460	0,782	1,208	1,621	1,986	2,203
0,1	0,100	0,116	0,155	0,579	1,276	1,408	1,727
0,3	0,109	0,119	0,134	0,234	1,164	1,336	1,428
0,5	0,110	0,105	0,123	0,184	1,032	1,200	1,361
1	0,107	0,104	0,115	0,164	0,994	1,103	1,241
2	0,111	0,102	0,105	0,137	0,789	1,017	1,125
3	0,105	0,108	0,104	0,118	0,411	0,884	1,009

Результат расчета относительного изменения количества микроорганизмов при действии эритромицина представлен на рис. 2.

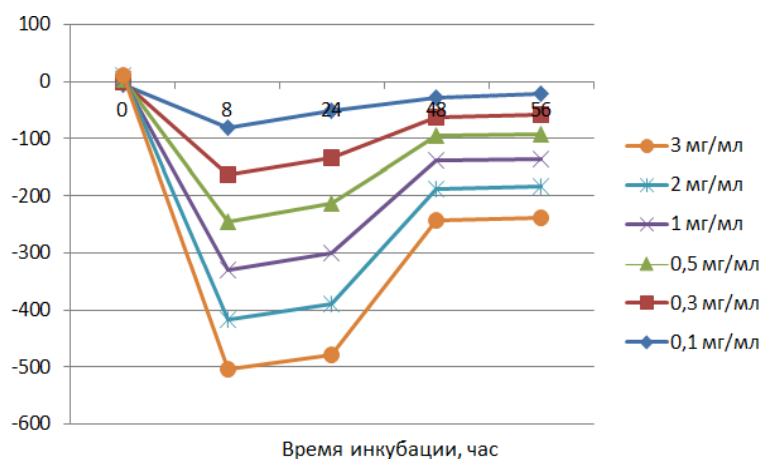


Рис. 2. Относительное изменение количества микроорганизмов *r. Gordonia* при действии эритромицина

Рост организмов, которые культивировались в среде содержащей антибиотик, начал наблюдаться при времени инкубации 24-32 ч, при достижении 48-56 ч происходило замедление роста микроорганизмов *r. Gordonia*. Для данного вида микроорганизмов, эритромицин также оказывал бактериостатическое действие.

24-ч колонии бактерии *r. Staphylococcus* на твердой питательной среде образуют округлые колонии диаметром 2-5 мм, с ровным краем, окрашенные в золотистый цвет.

Данные по исследованию влияния эритромицина на рост микроорганизмов *r. Staphylococcus* представлены в табл. 3.

Таблица 3

Значения оптической плотности в процессе инкубации микроорганизмов *r. Staphylococcus*

Концентрация, мг/см ³	Время, ч						
	0	4	18	22	28	48	56
Контроль	0,101	0,300	1,093	1,206	1,423	1,746	2,000
0,1	0,099	0,112	0,189	0,231	0,676	1,000	1,346
0,3	0,100	0,109	0,150	0,221	0,557	0,978	1,207
0,5	0,112	0,102	0,124	0,154	0,399	0,821	1,146
1	0,103	0,109	0,111	0,136	0,224	0,700	1,000
2	0,117	0,100	0,098	0,120	0,200	0,642	0,987
3	0,114	0,103	0,109	0,117	0,170	0,489	0,696

Результат расчета относительного изменения количества микроорганизмов при действии эритромицина представлен на рис. 3.

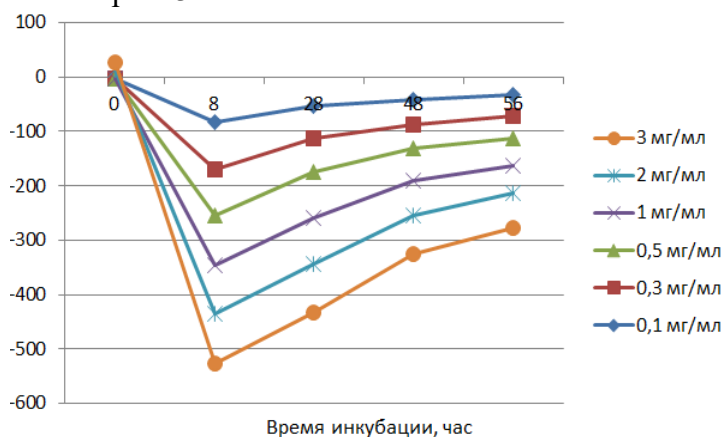


Рис. 3. Относительное изменение количества микроорганизмов *r. Staphylococcus* при действии эритромицина

Рост микроорганизмов р. *Staphylococcus* на протяжении всего периода культивирования с эритромицином был замедленным и наблюдался только при достижении 28 ч инкубации.

24-ч колонии бактерии р. *Micrococcus* на твердой питательной среде образуют круглые, гладкие колонии, белого цвета. Данные по исследованию влияния эритромицина на рост микроорганизмов р. *Micrococcus* представлено в табл. 4.

Таблица 4

Значения оптической плотности в процессе инкубации микроорганизмов р. *Micrococcus*

Концентрация, мг/см ³	Время, ч						
	0	4	8	24	28	48	56
Контроль	0,098	0,563	0,899	1,523	1,768	2,031	2,207
0,1	0,099	0,104	0,114	0,289	0,314	0,500	0,601
0,3	0,101	0,100	0,106	0,251	0,300	0,389	0,499
0,5	0,100	0,098	0,102	0,182	0,267	0,321	0,367
1	0,098	0,087	0,096	0,121	0,180	0,264	0,301
2	0,089	0,085	0,090	0,120	0,161	0,200	0,221
3	0,086	0,090	0,094	0,110	0,149	0,165	0,188

Результат расчёта относительного изменения количества микроорганизмов при действии эритромицина представлен на рис. 4.

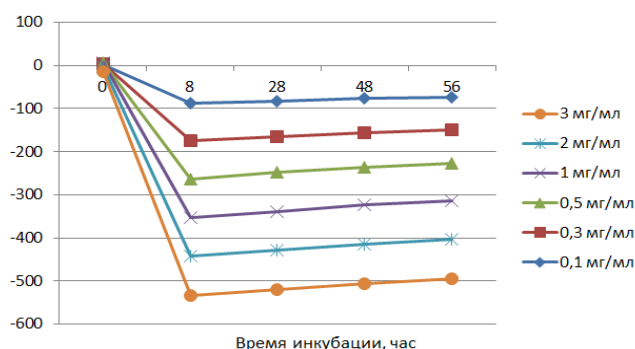


Рис. 4. Относительное изменение количества микроорганизмов р. *Micrococcus* при действии эритромицина

Рост микроорганизмов р. *Micrococcus* за время культивирования был замедлен и появился только в низких концентрациях эритромицина, что свидетельствует о том, что данный вид микроорганизмов чувствителен к антибиотику. Проявляются бактерицидные свойства эритромицина.

Подводя итоги, можно сказать, что рост микроорганизмов надильной жидкости на твердой питательной среде зависит от концентрации эритромицина, т.е. с увеличением концентрации заметно уменьшается рост, количество и размер колоний микроорганизмов.

Эритромицин в исследуемых концентрациях оказывает бактериостатическое действие на микроорганизмы р. *Gordonia*, *Staphylococcus*, а на р. *Micrococcus* – бактерицидное действие, что подтверждает заявленным производителем действием данного вида антибиотика.

Более чувствительными к его воздействию оказались грамотрицательные кокки (р. *Micrococcus*) и грамположительные кокки (р. *Staphylococcus*), умеренно чувствительными оказались грамположительные палочки (р. *Gordonia*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслова Е.В., Мащенко З.Е., Шаталаев И.Ф. Лекарственные препараты в окружающей среде // Аспирантский вестник Поволжья. – 2017. – № 1-2. – С. 215-217.
2. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аротэнками. – М.: Акварос, 2003. – 512 с.
3. Михайлова Е.О., Ахмадиева С.В., Хабибулина Л.И., Шулаев М.В. Влияние мелафена на микроорганизмы, входящие в состав активного ила очистных сооружений // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – №5. – С. 184-187.

INFLUENCE OF ERYTHROMYCIN ON THE GROWTH OF MICROORGANISMS OF ACTIVE SLUDGE

¹Mashchenko Zinaida Evgenievna, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Food Production and Biotechnology
Bakharev Vladimir Valentinovich, Doctor of Chemistry, Head of the Department of Technology of Food Production and Biotechnology, Dean of the Faculty of Food Production
Russkikh Yana Maratovna, 4th year student of the Faculty of Food Production

Samara State Technical University, Samara, Russia, e-mail: ¹ mzinaida@yandex.ru

Currently, as a result of excessive and uncontrolled use in medicine and veterinary medicine, antibiotics have a negative impact on the ecology of water bodies. One of the methods of wastewater treatment from antibiotic drugs is biological treatment with activated sludge, therefore, research on the effect of antibiotics on the microflora of activated sludge is important. The paper presents the results of the effect of erythromycin on the growth of bacteria from the active sludge on solid and liquid nutrient media. As a result of the study, it was found that erythromycin inhibits the growth of microorganisms in active sludge.

УДК664.9

БИОПОТЕНЦИАЛ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЕПТИДОВ ВТОРИЧНОГО РЫБНОГО И МЯСНОГО СЫРЬЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФУНКЦИОНАЛЬНОМ ПИТАНИИ

¹ Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой

² Байдалинова Лариса Степановна, канд. техн. наук, доцент

³ Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент

⁴ Мезенова Наталья Юрьевна, канд. техн. наук, доцент

⁵ Волков Владимир Владимирович, зам. директора технопарка КГТУ

⁶ Верхотуров Василий Владимирович, д-р биол. наук, доцент, зав. кафедрой

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: ¹ mezenova@klgtu.ru; ² larisa.baydalinova@klgtu.ru;

³ svetlana.agafonova@klgtu.ru; ⁴ nataliya.mezenova@klgtu.ru; ⁵ vladimir.volkov@klgtu.ru;

⁶ biovervv@mail.ru

Рассмотрены свойства пептидных композиций, полученных при гидролизе коллагенсодержащего рыбного и мясного сырья. Наиболее перспективной в использовании представляется пептидная фракция, содержащая более 80 % низкомолекулярных пептидов с молекулярной массой менее 10 кДа. Такие пептиды получают термогидролизом сырья с предварительным отделением жира и ферментализом. Установлены органолептические показатели и аминокислотный состав сублимированных пептидных композиций. Показаны функционально-технологические свойства пептидов из мясокостного сырья, их повышенные жироземлюющие свойства. Рекомендовано использовать низкомолекулярные пептидные композиции в специализированных продуктах питания, а также в качестве добавок для продуктов с пониженным белковым профилем.

Актуальность. В научной литературе известно, что низкомолекулярные пептиды, полученные из коллагенсодержащего сырья, могут проявлять антиоксидантные, антисептические, иммуномодулирующие, антигипотензивные, регенеративные, репродуктивные и другие физиологические свойства [1,2]. Они также являются эффективным пластическим материалом для профилактики и восстановления опорно-двигательного аппарата [3-4].

На кафедре пищевой биотехнологии разработаны способы гидролиза коллагенсодержащего животного сырья, позволяющие получать низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой (ММ) от 10 до 100 КДа [5, 6]. Рациональным представляется их использование в качестве функциональных пищевых ингредиентов при изготовлении протеиновых специализированных продуктов питания, в составе кормов, микробиологических сред и других направлениях.

Целью исследования являлось получение высокотемпературным гидролизом пептидных композиций из коллагенсодержащего рыбного и мясного сырья (головы кильки, чешуя сардины, берцовые и говяжьи кости), оценка их биопотенциала и обоснование рациональных направлений использования.

Эксперименты проводили в Центре передовых технологий использования белков кафедры пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет». Для проведения гидролиза к измельченному сырью добавляли горячую воду, перемешивали, выделившийся жир удаляли. Оставшуюся массу ферментировали с применением алкалазы 2,5 L и протосубтилина ГЗХ, после чего нагревали для инактивации ферментов и загружали в автоклав для термогидролиза, который проводили при температуре 130 °С. После гидролиза суспензию разделяли центрифугированием на три фракции: жировую, протеино-пептидную и белково-минеральную (осадочную). Протеиновую фракцию сублимировали при предварительном замораживании, белково-минеральную сушили конвекционно. Жировые фракции, состоящие из предварительно выделенного жира и выделенного при гидролизе, исследовали отдельно.

Оценку показателей качества полученных пептидов проводили с применением стандартных и общепринятых методов анализа. Органолептическую оценку проводили описательным способом. Общий химический состав оценивали по действующим стандартным методикам. Молекулярную массу пептидных гидролизатов определяли масс-спектрометрически (ANiMOX, Германия). Содержание аминокислот определяли хроматографически высокоэффективным жидкостным методом (UBF, Германия). Функционально-технологические свойства пептидных гидролизатов определяли общепринятыми методами по показателям ВУС, ЖУС, ЖЭС, ПОС.

Результаты и их обсуждение. Анализ полученных результатов начинали с оценки химического состава исследованного сырья. Были получены следующие показатели общего химического состава сырья, свидетельствующие о его широкой вариабильности: головы кильки имели массовые доли соответственно воды, белков, жиров и золы 58 - 60%; 14,5-20,1%; жиров 9,5-25%; 3,2-8,0%. В говяжьем сырье массовые доли протеина, золы и жира составляли соответственно 16,6 – 18,6%; 33,7-36,2%; 14,7-24,4%. При переработке такого сырья выбирали режим термогидролиза и ферментирования с учетом содержания в нем жира и минеральных веществ.

Химический состав полученных пептидных фракций – наиболее ценной целевой фракции, приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав пептидной фракции, полученной при гидролизе коллагенсодержащего сырья (усредненные показатели)

Продукты гидролиза	Химический состав, %			
	Вода	Протеин	Минеральные вещества	Жир
Головы кильки				
Пептидная композиция, сублимированная	6,71±0,35	82,72±1,04	8,63±0,62	2,1±1,82
Реберные и берцовые говяжьи кости				
Пептидная композиция, сублимированная	5,71±0,76	80,74±1,12	3,13±0,79	4,73±1,23

Органолептический анализ показал, что все пептидные композиции имели вид однородных порошков бежевого цвета с различными оттенками от желтого до коричневого, хорошо растворялись в воде, обладали характерным вкусом со специфическими привкусами, свойственными сушеному сырью рыбного или мясного происхождения.

Наибольший интерес для функционального питания представляет пептидная фракция, как источник функциональных низкомолекулярных ингредиентов белкового происхождения, потенциально обладающая активными физиологическими функциями. Известно, что характер биологической активности пептидов определяется их молекулярной массой, обусловленной параметрами гидролиза, а также аминокислотным составом, который зависит от вида сырья и способа гидролиза. К группе биоактивных пептидов относятся низкомолекулярные осколки белка с ММ менее 50 кДа [1-2].

В экспериментах по определению ММ пептидов, проведенных в биотехнологической фирме ANiMOX (Берлин), было установлено, что все пептидные композиции имеют ММ менее 100 кДа. Их можно назвать олигопептидами, содержащими не более 10 аминокислотных остатков и потенциально считать активными пептидами. Еще более физиологически активные пептиды имеют ММ менее 10 кДа (ди- и трипептиды). Количество данных фракций в полученных протеиновых композициях колеблется от 19,7 до 77,9%, в зависимости от вида сырья и способа гидролиза. При этом наибольшее количество данных ингредиентов при гидролизе голов кильки было характерно для образцов, полученных ферментативно-термическим путем с применением протосубтилина (52,7-77,9%). Говяжье сырье было более устойчиво к термогидролизу, в полученных фракциях содержание пептидов с ММ менее 10 кДа составляет меньшие значения (19,7-61,2%). Наибольшее количество активных пептидов (23,2-60,6%) образовывалось при гидролизе говяжьих реберных костей, чем берцовых (19,7-39,2%) при использовании фермента алкалазы. Установленные данные можно объяснить высокой минерализацией исследованного говяжьего сырья и специфическим воздействием ферментов.

При дальнейшем исследовании имели в виду, что низкомолекулярные пептиды в свежеполученном и стерильном виде обладают антиоксидантным, антисептическим физиологическими эффектами, они также поставляют в организм специфические аминокислоты, характерные для коллагеновых тканей [1-4].

Исследование аминокислотного состава полученных пептидных смесей показало, что они, несмотря на различное сырье, количественно и качественно близки. Во всех фракциях максимально присутствовали глицин, пролин, аланин, аргинин, лейцин, лизин, аргинин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты. Основными физиологическими эффектами данных аминокислот являются остеотропный, то есть они выполняют ведущую роль в синтезе опорно-каркасных тканей организма, обуславливают другие свойства [8-10]. Важно, что в экспериментальных пептидах фракциях содержатся практически все незаменимые аминокислоты (изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, фенилаланин). Преобладающей по массе по всех композициях является глицин (21,5 г/100 г белка в мясных и 7,21 – 9,02 г/100 г в рыбных пептидных композициях). Эта аминокислота выполняет многочисленные функции нейромедиатора и рекомендуется как к отдельному применению, так и в составе биологически активных добавок нейропротекторного действия, например, в рецептурах антистрессовых препаратов, применяемых для укрепления нервной системы. В рыбных пептидных композициях определены такие аминокислоты саркозин и таурин, которые рекомендуется использовать в составе специализированного питания (энергетические напитки, спортивное и кардиотропное питание). Все аминокислоты в пептидных гидролизатах находятся в высоко усвояемой форме, так как входят в состав ди-, три- и олигопептидов. Именно этот факт потенциально обуславливает действенность потенциально установленных физиологических эффектов.

Важными характеристиками пептидных композиций, обуславливающих их применение в пищевых системах, является их функционально-технологические свойства, которые были определены в сравнительных испытаниях относительно соевого белкового изолята, широко используемого в пищевой промышленности (таблица 2).

Показатели функционально - технологических свойств сублимированных пептидных композиций из мясокостного сырья и соевого белкового изолята

Показатель	Соевый белковый изолят (контроль)	Пептидная композиция из говяжьих ребер
ВУС (водосвязывающая способность), %	78,0	60,0 - 70,0
ЖУС (жиросвязывающая способность), %	56,8	134 - 189
ПС (пенообразующая способность), %	70,0	30,0 - 44
СП (стабильность пены), %	40,0	18,2 - 21,0
ЖЭС (жироэмульгирующая способность), г масла на 1 г гидролизата	5,0-7,0	14,0 - 14,5
Потери при термической обработке, %	28,0	24,0

Из данных таблицы 2 видно, что пептидные смеси мясокостного сырья обладают высокими значениями ЖУС (134-189%), что в 2,3- 3,3 раза превосходит этот показатель у соевого изолята. У пептидной композиции очень высокая жироэмульгирующая способность (14,0- 14,5 г), что в 2,4 – 2,9 раза выше, чем у соевого изолята. По показателям ВУС и ПС пептиды говяжьего сырья несколько уступают контролю, но данные качества у них присутствуют на достаточном уровне. При этом жироэмульгирующая способность пептидов была в 2-3 раза выше, чем в жировой системе с соевым изолятом. Это означает, что данные пептидные смеси в жировых системах будут проявлять потенциально высокие функциональные свойства, связанные с жиросвязыванием и эмульгированием, способствуя устойчивости и стабильности систем (например, майонезов, кремов, колбас, паст, соусов).

С учетом полученных данных была разработана рецептура сосисок «Спортивные», которые включали до 5% говяжьих пептидных композиций. Сосиски обладали приятными органолептическими показателями и предназначены для спортсменов скоростно-силовых видов спорта, а также людей, ведущих активный образ жизни.

Биопотенциал низкомолекулярных пептидов из рыбного коллагенового сырья был использован в составе протеиновых батончиков для спортивного питания, куда пептидные смеси вносили в сочетании с белковым сырьем растительного происхождения (кедровые орехи и семена льна). Также нами была разработана рецептура и технология желированных продуктов антистрессовой направленности, выполненных в форме жевательного мармелада, в состав которых были включены низкомолекулярные пептиды чешуи сардинеллы [11, 12].

Сублимированные пептиды из голов копченой кильки были успешно апробированы в составе рецептур целой серии пищевых продуктов, выпущенных рыбоконсервным комплексом «За Родину»: «Томатно-белковый соус», «Шпротные крекеры», «Суп рыбный с ароматом копчености», «Морской коллаген» и другие.

Вывод. Проанализирован потенциал биологической активности низкомолекулярных пептидных композиций, полученных из коллагенсодержащих рыбных и мясокостных коллагенсодержащих тканей. Установленная молекулярная масса основных фракций пептидных композиций с ММ менее 10 кДа (активные пептиды) составляет 19,8 - 78,9, что свидетельствует о значительном присутствии активных олиго-, три- и дипептидов.

Оценка аминокислотного профиля пептидных смесей показала во всех образцах повышенное содержание глицина, пролина, аспарагиновой и глутаминовой кислот, что позволяет рекомендовать их использование в качестве источника данных аминокислот, обладающих важными физиологическими эффектами.

Установлены высокие жироэмульгирующие свойства сухих форм пептидных композиций из мясокостного сырья. Это позволяет рекомендовать их введение в жиросодержащие системы (майонезы, вареные мясные колбасы, соуса и др.)

Пептидные сублимированные продукты рекомендуются к пищевому использованию в составе рецептур функциональной протеиновой продукции (спортивное, хондропротекторное, кардиотропное и др.), в качестве источника медиаторных компонентов (препараты антистрессового назначения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bioactivities of fish protein hydrolysates from defatted salmon backbones /Rasa Slizyte, Katariina Rommi, Revilija Mozuraityte, Peter Eck, Kathrine Five, Turid Rustad // Biotechnology Reports. -2016. № 11.- P. 99-109.

2. Hydrolysates of Fish Skin Collagen: An Opportunity for Valorizing Fish Industry Byproducts / María Blanco, José Antonio Vázquez, Ricardo I. Pérez-Martín, and Carmen G. Sotelo // *Food Science and Technology*. – 2017. - № 15(5). – P. 131.
3. Fabrication of snapper fish scales protein hydrolysate-calcium complex and the promotion in calcium cellular uptake / Yanlan Lin, Xixi Cai, Xiaoping Wu, Shengnan Lin, Shaoyun Wang // *Journal of Functional Foods*. – 2020. - № 65. – P. 1037.
4. Oral Intake of Low-Molecular-Weight Collagen Peptide Improves Hydration, Elasticity, and Wrinkling in Human Skin: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study / Do-Un Kim, Hee-Chul Chung, Jia Choi, Yasuo Sakai, Boo-Yong Lee // *Nutrients*. - 2018. - № 10(7). – P. 826.
5. Патент РФ 2681352 Способ получения пищевых добавок из вторичного рыбного сырья с применением гидролиза/О.Я.Мезенова, С.В.Агафонова, Л.С. Байдалинова, Л.В.Городниченко, В.В.Волков, Н.Ю.Мезенова, Т.ГРИММ, А.ХЕЛИНГ
6. Патент РФ № 2728468 Способ получения протеиновой пищевой добавки из мясокостного сырья / О.Я. Мезенова, С.В.Агафонова, Л.С. Байдалинова, В.В.Волков, Н.Ю.Мезенова, Е.А.Казимилова
7. Fabrication of snapper fish scales protein hydrolysate-calcium complex and the promotion in calcium cellular uptake / Yanlan Lin, Xixi Cai, Xiaoping Wu, Shengnan Lin, Shaoyun Wang // *Journal of Functional Foods*. – 2020. - № 65. – P. 1037.
8. Oral Intake of Low-Molecular-Weight Collagen Peptide Improves Hydration, Elasticity, and Wrinkling in Human Skin: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study / Do-Un Kim, Hee-Chul Chung, Jia Choi, Yasuo Sakai, Boo-Yong Lee // *Nutrients*.- 2018. - № 10(7). – P. 826.
9. Preparation and functional evaluation of collagen oligopeptide-rich hydrolysate from fish skin with the serine collagenolytic protease from *Pseudoalteromonas* sp. SM9913 / Xiu-Lan Chen, Ming Peng, Jing Li, Bai-Lu Tang, Xuan Shao, Fang Zhao, Chang Liu, Xi-Ying Zhang, Ping-Yi Li, Mei Shi, Yu-Zhong Zhang & Xiao-Yan Song // *Scientific Reports*. – 2017. - № 7. – P.763.
10. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве / Д.В. Гришин, О.В. Подобед, Ю.А. Гладилина, М.В. Покровская, С.С. Александрова и др. // *Вопросы питания*. – 2017. - Том 86. - №3. - С. 20-31.
11. Король, С. Обоснование состава и качества желированного биопродукта, предназначенного для повышения стрессоустойчивости организма [Электронный ресурс] / С. Король, О.Я. Мезенова // *Вестник молодежной науки*, 2020. – № 3 (25). – Режим доступа: <http://vestnikmolnauki.ru/wp-content/uploads/2020/08/Korol-Mezenova-74.pdf>.
12. Некрасова, Ю.О. Батончики-снеки для спортивного питания: маркетинговое исследование и технология [Электронный ресурс] / Ю.О. Некрасова, О.Я. Мезенова // *Вестник молодежной науки*, 2020. – № 3 (25). – Режим доступа: <http://vestnikmolnauki.ru/wp-content/uploads/2020/08/Nekrasova-Mezenova-747.pdf>

BIOPOTENTIAL OF LOW-MOLECULAR PEPTIDES OF SECONDARY FISH AND MEAT RAW MATERIALS AND PROSPECTS OF ITS USE IN FUNCTIONAL NUTRITION

¹Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, professor; Head. of departmentr

²Baydalinova Larisa Stepanovna, Ph.D. of tech. Sciences, Associate Professor

³Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D. of tech. Sciences, Associate Professor

⁴Mezenova Natalya Yurievna, Ph.D. of tech. Sciences, Associate Professor

⁵Volkov Vladimir Vladimirovich, deputy director of Technopark

⁶Verkhoturov Vasilij Vladimirovich, Dr. of biol. Sciences, Associate Professor, Head. of departmentr

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,

e-mail: ¹mezenova@klgtu.ru; ²larisa.baydalinova@klgtu.ru; ³svetlana.agafonova@klgtu.ru;

⁴nataliya.mezenova@klgtu.ru; ⁵vladimir.volkov@klgtu.ru; ⁶biovervv@mail.ru

The properties of peptide compositions obtained by hydrolysis of collagen-containing fish and meat raw materials are considered. The most promising for use is the peptide fraction containing more than 80 % of low molecular weight peptides with a molecular weight of less than 10 kDa. Such peptides are obtained by thermohydrolysis of raw materials with preliminary separation of fat and enzymatic lysis. Organoleptic characteristics and amino acid composition of sublimated peptide compositions have been determined. The functional and technological properties of peptides from meat and bone raw materials, their increased fat emulsifying properties are shown. It is recommended to use low molecular weight peptide compositions in specialized food products, as well as as additives for products with a reduced protein profile.

УДК 639.3

ОЦЕНКА АМИНОКИСЛОТНОЙ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИЗА ВТОРИЧНОГО РЫБНОГО СЫРЬЯ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ПРОТЕИНОВ ДЛЯ КОМБИКОРМОВ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

¹Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой

²Пьянов Дмитрий Сергеевич, канд. биол. наук, начальник сектора аквакультуры

¹Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент

¹Мезенова Наталья Юрьевна, канд. техн. наук, доцент

¹Волков Владимир Владимирович, зам. директора технопарка КГТУ

¹ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия, e-mail: mezenova@klgtu.ru; svetlana.agafonova@klgtu.ru;

nataliya.mezenova@klgtu.ru; vladimir.volkov@klgtu.ru

²ФГБНУ «ВНИРО» Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),

e-mail: pyanov@atlantniro.ru

Рассмотрены основные проблемы аквакультуры, связанные с кормопроизводством для индустриального рыбоводства лососевых и осетровых. Показаны альтернативные источники протеиновых компонентов. Рассмотрены преимущества гидролизатов из вторичного рыбного сырья в составе комбикормов для лососевых и осетровых. Рассчитана аминокислотная сбалансированность гидролизатов из чешуи и хребтов сардинеллы и показана перспективность их введения в состав комбикормов лососевых рыб.

Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса в РФ до 2030 года предусматривает рост объема производства товарной аквакультуры почти в три раза. Важнейшим условием данного роста является производство высококачественных комбикормов. Калининградская область является перспективным регионом для разведения ценных пород рыб (лососевых и осетровых видов), при этом данные производства в нашей стране сегодня полностью зависят от импорта специализированных кормов. До сих пор нет налаженного производства качественных компонентов комбикормов для индустриальной аквакультуры, отсутствуют технологии их производства и научная база [1].

В составе комбикорма основным компонентом является рыбная мука, как источник качественного протеина со всеми незаменимыми аминокислотами. Однако, рыбная мука - это ограниченный биологический ресурс, ее использование в кормах аквакультуры экономически не целесообразным, цены на нее непрерывно растут, при этом в Калининградском регионе она практически не производится. Поэтому, использование альтернативных источников белка, менее дорогих и более доступных, играет важную роль в развитии аквакультуры [2].

Традиционно основным протеиновым сырьем в производстве комбикормов для лососевых и осетровых являются рыбная и крилевая мука, кровяная мука, плазма крови, гемоглобин свиной

крови, мясокостная, костная, перьевая и мясная мука, пшеничная и кукурузная мука и глютен, концентрат рапсового, горохового и соевого белка, соевая мука, соевый и подсолнечный шрот, продукты микробиологического и химического синтеза (дрожжи кормовые L-лизин, DL-Метионин, L-Триптофан, L-Треонин, L-Аргинин) и др.

Целесообразным видится включение альтернативных источников белков животного происхождения в корма лососевых и осетровых в виде низкомолекулярных гидролизатов из вторичного рыбного сырья.

На кафедре пищевой биотехнологии в Центре передовых технологий использования белков разработана технология гидролизатов из вторичного рыбного сырья (голов, чешуи, хребтов рыб), основанная на гидролитической высокотемпературной деградации сырья под давлением с предварительным ферментализмом или без него. Конечными продуктами гидролиза являются протеиновая водорастворимая, жировая и осадочная белково-минеральная водонерастворимые фракции. В зависимости от условий гидролиза в протеиновой части могут содержаться низкомолекулярные белки и пептиды с молекулярной массой от 5 до 100 кДа, характеризующиеся повышенной усвояемостью и физиологической активностью [3].

В составе комбикормов индустриальной аквакультуры протеиновая фракция гидролизатов вторичного рыбного сырья представляет наибольший интерес, поскольку обладает улучшенными функциональными и питательными свойствами относительно коммерческих концентратов и изолятов, растворима в воде. О высоком потенциале данного источника для частичной замены рыбной муки в кормах свидетельствуют многие ученые [4]. Содержание белков в гидролизатах полученных термическим и ферментативным путями, может составлять более 95% от сухого вещества. Конечный продукт представляет собой обезжиренную пептидно-протеиновую массу с высокой усвояемостью и биологической эффективностью, что обусловлено повышенным содержанием низкомолекулярных активных пептидов.

Эффективность такого решения подтверждается положительным применением в кормопроизводстве ферментализатов рыбной муки, рыбного фарша, крилевой муки, мидий, которые уже применялись в составе стартовых кормов [5].

При выборе протеинового сырья для включения в кормовые рецептуры для рыб особое внимание следует уделять аминокислотному составу. Соотношение аминокислот и их доступность определяют биологическую ценность белка. Для рыб незаменимыми являются 10 аминокислот: лизин, метионин, триптофан, аргинин, гистидин, фенилаланин, треонин, валин, лейцин и изолейцин. Недостаток незаменимых аминокислот тормозит скорость роста рыбы, потребление и усвояемость кормов, негативно сказывается на выживаемости [6].

При разработке кормовых рецептур для рыб, особое внимание следует уделять потребностям рыб в незаменимых аминокислотах и правильной их балансировке. Недостаток какой-либо одной незаменимой аминокислоты может ограничивать использование для синтеза белка других аминокислот. В целом, продукты гидролиза полученные из отходов чешуи, хребтов и голов, обладают схожим с рыбной мукой аминокислотным составом. Например, продукты полученные методом высокотемпературного термолиза в водной среде из отходов сардины, уступающие рыбной муке, используемой в дорогостоящих зарубежных кормах, только по содержанию изолейцина, лейцина, фенилаланина и треонина (таблица 1).

Положительное применение гидролизатов побочных рыбных продуктов в кормах для аквакультуры отмечают многие современные ученые [9]. Отмечено, что даже при небольшом уровне включения в корма гидролизаты достоверно увеличивают скорость роста рыбы.

В отечественной рыбохозяйственной науке, в разные годы, проводился ряд экспериментов связанных с включением гидролизатов в кормовые рецептуры для водных биоресурсов (Бахарева, Грозеску, 2006; Цибизова, Костюрина, 2010; Гусева Ю.А., 2019).

Включенные в кормовые рецептуры белковые гидролизаты также выполняют атрактивную (влечение к источнику запаха) функцию, поскольку они содержат переваренные белковые компоненты, которые улучшающие вкусовые качества и приемлемость корма [10].

Содержание аминокислот в рыбной муке и гидролизатах, г/100 г

Аминокислоты	Рыбная мука высокого качества, Чили [7]	Рыбная мука LT94 (низкотемпературной сушки) [7]	Гидролизаты (Т-гидролиз) из вторичного сырья сардины [8]		
			Головы	Хребты	Чешуя
Ала	6,34	6,73	7,87	7,79	9,72
Арг	6,14	6,48	7,41	7,69	8,27
Асп	9,00	9,54	5,66	7,12	8,93
Цис	0,98	1,06	0,11	0,23	0,23
Глу	12,95	13,80	10,20	12,81	17,52
Гли	6,22	6,81	11,36	7,72	8,45
Гис	3,59	2,40	2,15	2,89	2,24
Иле	4,75	4,73	1,86	3,05	2,95
Лей	7,76	7,92	2,93	4,52	4,49
Лиз	7,89	8,32	5,48	7,60	8,63
Мет	2,50	2,80	1,95	2,68	2,76
Фен	4,10	4,26	2,54	2,93	2,35
Про	4,48	4,70	5,08	6,07	4,63
Сер	4,04	4,35	1,69	2,09	2,16
Тре	4,44	4,56	1,99	2,65	2,75
Тир	3,18	3,33	0,95	1,67	1,72
Вал	5,22	5,28	3,35	3,71	5,71

Отдельно стоит отметить недавнее исследование по оценке влияния белковых гидролизатов на целостность и регуляцию метаболизма кишечника у рыб, что в последние годы является важным параметром при рассмотрении эффективности кормов для аквакультуры. Общая организация и морфометрические параметры кишечника, представленные размером ворсинок и количеством бокаловидных клеток, являются индикаторами состояния слизистой оболочки кишечника рыб: увеличение размера ворсинок отражает улучшение поверхности обмена, активность ферментов щеточной каймы, что положительно влияет на пищеварение и усвоение. В работе [11] показано, что включение 5% ферментативных из головогруды белых креветок и тушек нильской тилапии в корма с 5%-ным содержанием рыбной муки для молоди обыкновенного лаврака (*Dicentrarchus labrax*) значительно увеличивало высоту кишечных ворсинок.

Целью настоящего исследования являлся анализ аминокислотной сбалансированности гидролизатов, полученных из чешуи и хребтов сардинеллы термическим и ферментативным способами на кафедре пищевой биотехнологии КГТУ. Показатель сбалансированности определяли расчетом скоров аминокислот относительно установленной разными учеными (Саенко и Каушик) потребности в них для различных видов лососевых рыб. Полученные значения могли бы служить ориентирами и объективными оценками целесообразности введения протеиновых добавок из вторичного рыбного сырья в состав комбикормов.

Показатели оценки аминокислотной сбалансированности протеиновых гидролизатов отходов от разделки сардинеллы приведены в таблицах 2 и 3.

Из данных табл. 2 и 3 видно, что во всех гидролизатах чешуи и хребтов сардинеллы, независимо от способа гидролиза, образуются протеиновые композиции, которые по основным 10-и незаменимым аминокислотам удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к кормам в пресноводном рыболовстве: для рыб, выращиваемых в хозяйствах индустриального типа, скоры лимитирующих аминокислот в кормах должны составлять 80-95 %; для рыб в условиях прудовых хозяйств – 70-80 % [6].

Таблица 2

Показатели аминокислотной сбалансированности гидролизатов чешуи сардинеллы, полученных разными способами, относительно установленных потребностей в аминокислотах у лососевых рыб

Незаменимая аминокислота	Содержание, г/100 г белка, в гидролизате:		Установленная потребность лососевых рыб (по Саенко), % белка [6]	Скоры аминокислот, %, в гидролизате:		Установленная потребность лососевых рыб (по Kaushik), % белка [6]	Скоры аминокислот, %, в гидролизате:	
	термическом	ферментативном		термическом	ферментативном		термическом	ферментативном
Аргинин	8,27	13,4	5,0	165,4	267,8	6,0	137,8	223,2
Гистидин	2,24	5,6	-	-	-	1,8	124,4	308,9
Изолейцин	2,95	10,2	2,2	134,1	463,63	2,3	128,3	443,5
Лейцин	4,49	15,7	3,9	115,1	401,28	4,0	112,3	391,3
Лизин	8,63	18,6	-	-	-	5,0	172,6	372,6
Метионин	2,8+0,3*	7,8+1,4*	1,5+1*	119,6	366,8	4,0	69,0	229,3
Фенилаланин	2,4+1,7**	8,6+6,1**	4,1+0,4**	90,4	325,6	4,3	94,7	340,7
Треонин	2,75	10,07	2,2	125,0	457,72	2,3	119,6	437,8
Валин	5,17	12,11	3,0	173,3	403,66	3,3	156,7	367,0

Примечание: *цистин; **тирозин

Таблица 3

Показатели аминокислотной сбалансированности гидролизатов хребтов сардинеллы, полученных разными способами, относительно установленных потребностей в аминокислотах у лососевых рыб

Незаменимая аминокислота	Содержание, г/100 г белка, в гидролизате:		Установленная потребность лососевых рыб (по Mertz), % белка [6]	Скоры аминокислот, %, в гидролизате:		Установленная потребность лососевых рыб (по Kaushik, Suzon), % белка [6]	Скоры аминокислот, %, в гидролизате:	
	термическом	ферментативном		термическом	ферментативном		термическом	ферментативном
аргинин	7,69	4,82	6	128,2	80,3	4,4	174,8	109,5
гистидин	2,89	2,86	1,8	160,6	158,9	1,6	180,6	178,8
изолейцин	3,05	4,96	2,3	132,6	215,7	2	152,5	248,0
лейцин	4,52	6,76	4	113,0	169,0	3,6	125,6	187,8
лизин	7,60	8,48	5	152,0	169,6	4,8	158,3	176,7
метионин	2,68	2,98	4	67,0	74,5	3,2	83,8	93,1
фенилаланин	2,93	3,91	4,3	68,1	90,9	5,3	55,3	73,8
треонин	2,65	4,25	2,3	115,2	184,8	2	132,5	212,5
валин	3,71	5,66	3,3	112,4	171,5	5,3	70,0	106,8

Из табл. 1 и 2 видно, что в гидролизатах ферментативного способа получения, особенно из чешуи сардинеллы (табл. 1), образуется настолько богатая незаменимыми аминокислотами композиция, что по таким аминокислотам, как изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, валин скоры составляют диапазон величин от 229,3 до 443,5 (расчет по Kaushik). Расчет сбалансированности аминокислот по Саенко показывает примерно те же количественные данные применительно к ферментативным гидролизатам чешуи (скоры изменяются от 267,8 до 463,6), что во много раз превышает нормативные значения.

При ферментативном гидролизе хребтов сардинеллы также образуется протеино-пептидная композиция с благоприятным аминокислотным профилем (табл. 2). Диапазон скоров названных незаменимых аминокислот, рассчитанных относительно данных Kaushik, составляет 109,5 – 248,0

(исключая метионин и фенилаланин); при расчете сбалансированности относительно данных по Mertz скоры незаменимых аминокислот колеблются в диапазоне 80,3- 215,7.

Широкий разброс полученных количественных данных по скорам незаменимых аминокислот объясняется как широким колебанием опубликованных данных в области потребляемых аминокислот лососевыми, что обусловлено влиянием на эти данные множества биологических и физико-химических факторов, так и варьированием аминокислотного состава исходных гидролизатов, который во многом зависит от вида сырья и способа гидролиза

В целом, исследованные гидролизаты вторичного рыбного сырья можно считать высоко сбалансированными и пригодными в качестве альтернативного источника протеинов для комбикормов индустриальной аквакультуры. Полученные данные означают, что введение таких гидролизатов взамен рыбной муки в состав кормов для рыбоводства лососевых даже в минимальных количествах (5-10%) сможет существенно повысить общую аминокислотную насыщенность комбикормов, независимо от других примененных источников протеина в рецептуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. Изд-е 2-е, испр. и доп. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.

2. Glencross B., Hawkins W. A comparison of the digestibility of lupin (*lupinus* sp.) kernel meals as dietary protein resources when fed to either, rainbow trout, *oncorhynchus mykiss* or red seabream, *pagrus auratus* // *Aquaculture Nutrition*. – 2004. – Vol. 10 (2). – P. 65-73.

3. Патент РФ на изобретение 2681352Способ получения пищевых добавок из вторичного рыбного сырья с применением гидролиза, зарег. в гос.реестре изобретений РФ 6.03.2019, Решение о выдаче 11.01.2019, приоритет от 31.01.2018./ О.Я.Мезенова, Агафонова С.В., Байдалинова Л.С., Городниченко Л.В., Волков В.В., Мезенова Н.Ю., Т.Гримм, А.Хелинг

4. Leduc A. Dietary aquaculture by-product hydrolysates: impact on the transcriptomic response of the intestinal mucosa of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) fed low fish meal diets / A. Leduc, C. Zatylny-Gaudin, M. Robert, E. Corre, G. Le Corguille, H. Castel, A. Lefevre-Scelles, V. Fournier, E. Gisbert, K.B. Andree, J. Henry // *BMC Genomics*. – 2018. – 19:396.

5. Остроумова И.Н. Включение в стартовые корма для сиговых рыб (*Coregonidae*) бактериальной биомассы и белковых гидролизатов / И.Н. Остроумова, В.В. Костюничев, А.А. Лютиков, В.А. Богданова, А.К. Шумилина, Т.П. Данилова, А.В. Козьмина, Т.А. Филатова // *Вопросы рыболовства*. – 2018. – Том 19 (№1). – С. 82–98.

6. Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре - М: Издательство ВНИРО, 2006. – 360 с.

7. Lall S., Anderson S. Amino acid nutrition of salmonids: Dietary requirements and bioavailability // *Cahiers Options Méditerranéennes*. – 2005. – Vol. 63. – P. 73-90.

8. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности / О.Я. Мезенова, В.В. Волков, Т. Мерзель, Т. Гримм, С. Кюн, А. Хелинг, Н.Ю. Мезенова *Известия вузов. Прикладная химия биотехнология*. – 2018.-Том 8. - №4. - С. 83-94.

9. Zheng K. Effect of dietary fish protein hydrolysate on growth, feed utilization and IGF-I levels of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) / K. Zheng, M. Liang, H.B. Yao, J.L. Wang, Q. Chang // *Aquaculture Nutrition*. – 2012. – Vol. 18 (3). – P. 297-303.

10. Gisbert E. Protein hydrolysates from yeast and pig blood as alternative raw materials in microdiets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) larvae / E. Gisbert, A. Skalli, I. Fernández, Y. Kotzamanis, J. L. Zambonino-Infante, R. Fabregat // *Aquaculture*. – 2012. – Vol. 338-341. – P. 96-104.

11. Leduc A. Dietary aquaculture by-product hydrolysates: impact on the transcriptomic response of the intestinal mucosa of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) fed low fish meal diets / A. Leduc, C. Zatylny-Gaudin, M. Robert, E. Corre, G. Le Corguille, H. Castel, A. Lefevre-Scelles, V. Fournier, E. Gisbert, K.B. Andree, J. Henry // *BMC Genomics*. – 2018. – 19:396.

ASSESSMENT OF AMINO ACID BALANCE OF HYDROLYSIS PRODUCTS OF SECONDARY FISH RAW MATERIALS AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF PROTEINS FOR COMBINED FEEDS OF INDUSTRIAL AQUACULTURE

¹Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of technical Sciences, professor

²Pyanov Dmitry Sergeevich, Ph. of biological Sciences, Researcher

¹Agafonova Svetlana Viktorovna, Ph.D. of tech. Sciences, Associate Professor

¹Mezenova Natalya Yurievna, Ph.D. of tech. Sciences, Associate Professor

¹Volkov Vladimir Vladimirovich, deputy director of Technopark KSTU

¹ FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: mezenova@klgtu.ru; svetlana.agafonova@klgtu.ru; nataliya.mezenova@klgtu.ru;
vladimir.volkov@klgtu.ru

² VNIRO Atlantic branch of VNIRO (AtlantNIRO), Kaliningrad, Russia,
e-mail: pyanov@atlantniro.ru

The main problems of aquaculture associated with fodder production for industrial fish farming of salmon and sturgeon are considered. Alternative sources of protein components are shown. The advantages of hydrolysates from secondary fish raw materials in the composition of compound feed for salmon and sturgeon are considered. The amino acid balance of hydrolysates from the scales and ridges of sardinella has been calculated and the prospects of their introduction into the composition of mixed fodder for salmonids have been shown.

УДК 637.5.037; 641.512.4

ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФАРША РУБЛЕННЫХ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ (КОТЛЕТ) ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОРОШКА ТОПИНАМБУРА

¹Муравьева Наталья Александровна, магистрант

²Байдалинова Лариса Степановна, канд. техн. наук,
профессор кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹natahlie98@gmail.com; ²larisa.baydalinova@klgtu.ru

Рассматривается эффективность использования муки топинамбура в технологии производства мясных рубленых полуфабрикатов (котлет). Оценено влияние муки топинамбура на функционально-технологические свойства фаршевой смеси: водоудерживающую способность и некоторые реологические свойства. Изучено влияние степени измельчения мяса на функционально-технологические свойства фарша с различным содержанием муки топинамбура.

Введение

На протяжении уже длительного времени сахарный диабет является серьезной проблемой человечества. Сахарный диабет бывает 1 и 2 типов, наиболее распространен диабет 2 типа. При этом типе диабета инсулин вырабатывается поджелудочной железой, но он недостаточно усваивается и не полностью выводит из организма избыток глюкозы. Чтобы помочь организму справиться с регулированием углеводного обмена, предлагается вводить в рацион питания инулин [1]. Инулин содержится в некоторых растениях – топинамбур, цикорий, одуванчик, чеснок, ревень.

Сегодня все большую популярность получают функциональные продукты. Поэтому является целесообразным введение в продукты, в том числе в мясные рубленые полуфабрикаты в качестве источника инулина порошка топинамбура. Порошок топинамбура влияет не только на биологическую ценность мясных котлет. Его внесение также изменяет состояние мясного фарша и его свойства.

Методическая часть

Объектами исследования являются фаршевые системы с различным содержанием муки топинамбура и различной степенью измельчения мяса. Контрольный образец представляет собой фаршевую систему средней степени измельчения, состоящую из фрагментов мышечной и соединительной ткани, преимущественно сохранивших свою структуру. В составе образца с мукой топинамбура между структурными элементами фарша присутствуют неправильной формы фрагменты топинамбура [2]. Фрагменты топинамбура способствуют формированию более рыхлой структуры по сравнению с контрольным фаршем.

Содержание гидратированной муки топинамбура в фаршевой смеси варьировалось от 0% (контрольный образец) до 25%. Так как инулин умеренно растворим в воде, то при его гидратировании необходимо использовать нагретую воду (свыше 50 °С) для повышения его растворимости. Гидратирование муки топинамбура проводилось горячей водой с температурой 60°С при соотношении мука топинамбура: вода 1:2.

При выявлении влияния степени измельчения мясного сырья на функционально-технологические свойства фаршевой смеси мясо измельчалось на волчке (с диаметром отверстий в решетке 2 и 6 мм) и подвергалось для большего измельчения дополнительному куттерованию в течение 30 секунд, 1 и 2 минут. Определялось влияние степени измельчения на водоудерживающую способность (ВУС) фаршевой смеси, рН и накопление аминокислотного азота (ААА).

Водоудерживающую способность фарша определяли методом, основанным на выделении из исследуемого продукта воды при прессовании. ВУС рассчитывали в процентах к массе навески.

Функционально-технологические свойства фаршевой смеси характеризовались также потерями изделиями массы при термической обработке.

Потери при термической обработке определяли при варке изделий из экспериментальных фаршей, которым придавалась шарообразная форма, в течение 10 минут в кипящей воде. Исследовалась зависимость потерь при термической обработке от количества гидратированной муки топинамбура в фаршевой смеси. Количество гидратированной муки топинамбура изменялось при этом от 5 до 25%. По массам изделий до и после варки вычислялись потери при термической обработке в процентах к массе исходных фаршей. Контролем служил образец из мясного фарша без добавления муки топинамбура.

Для характеристики реологических свойств фаршевой смеси при различных дозировках гидратированной муки топинамбура и различной степени измельчения мяса в образцах фарша определяли вязкость с использованием экспресс-анализатора консистенции ЭАК-1М. Достоинства этого прибора в его удобстве, точности и скорости выполнения измерения. При этом мясо измельчалось на волчке с диаметрами отверстий в решетке 2мм. Для дальнейшего измельчения фарш (контрольный и с добавлением муки топинамбура) подвергался куттерованию.

По накоплению аминокислотного азота (ААА) оценивалась степень гидролиза белков фарша в зависимости от степени измельчения мяса. ААА определяли как аминный азот формольным титрованием. Известно, что на величину ААА фарша при различной степени измельчения влияет рН [3].

Результаты исследования

Порошки из топинамбура и других овощей достаточно широко используются в настоящее время в различных продуктах [1]. Существует несколько способов получения овощных порошков, но наиболее щадящим способом является вакуумная сушка. Именно такой порошок из топинамбура тонкого помола производителя «Дары Памира» использовался при проведении экспериментальных работ. Порошок топинамбура производителя «Дары Памира» был исследован нами ранее по химическому составу и органолептическим показателям [4].

Функционально - технологические свойства (ФТС) мясного сырья в прикладной биотехнологии мясопродуктов – это комплекс показателей, которые характеризуют его способность связывать и удерживать влагу и жир (водо - и жиросвязывающая способность, влаго- и жиропоглощение), формировать стабильные эмульсии (эмульгирующая способность, стабильность эмульсии), гели (способность гелеобразования, клейстеризации, желирования), сенсорные характеристики (цвет, вкус, запах), величину выхода и потери при термообработке.

ФТС обусловлены количественным содержанием ключевых пищевых веществ, прежде всего миофибриллярных белков и липидов, их качественным (аминокислотным и жирнокислотным) составом. ФТС изменяются в ходе автолитических изменений мяса, при механической обработке, в том числе при измельчении, при выдержке в посоле, термообработке и других технологических воздействиях. [5]

Стабильность качественных характеристик мясного сырья обусловлена количественным составом и состоянием основных белков – актина и миозина, актомиозина, которые обладают высокой способностью гидратации, имеют высокую водосвязывающую способность.

Белок стромы (коллаген) обладает высокой желирующей способностью. Комплекс мышечных белков ответственен за результативность образования мясных эмульсий. Количественное содержание белка в системе, его качественный состав, условия среды определяют стабильность получаемых мясных систем, воздействуют на водосвязывающую, эмульгирующую и жиропоглощающую способности, на структурно-механические (липкость, вязкость, пластичность и др.) и органолептические характеристики, на выход готовых изделий и др. [5].

Фарш мясных рубленых изделий - это пластично-вязкий продукт, характеризующийся комплексом свойств, в число которых входят предельное напряжение сдвига и эффективная вязкость. Консистенция готовых рубленых мясных изделий непосредственно зависит от влагосодержания, жирности, степени измельчения и характеризуется величиной предельного напряжения сдвига. По сравнению с изменением величин других реологических свойств, предельное напряжение сдвига наиболее чувствительно к изменению технологических и механических факторов, поэтому этот показатель используют для оценки фарша в процессе его изготовления. В данной работе исследовались реологические свойства 4 образцов фаршевых систем. Характеристика образцов представлена в таблице 1

2.1. Исследование влияния гидратированной муки топинамбура на функционально-технологические свойства фарша

Экспериментальные образцы приготавливались так, как указано в таблице 1.

При определении водоудерживающей способности фарша для котлет количество гидратированного порошка топинамбура, вносимого в фарш, изменялось от 5 до 20%. При этом на соответствующую величину уменьшалась масса мясного компонента в фарше. Контрольный образец – мясной фарш без порошка топинамбура.

При приготовлении 100 г фаршей с различными концентрациями гидратированного порошка топинамбура готовили следующие образцы (таблица 1).

Таблица 1

Фаршевые смеси с различными количествами гидратированного порошка топинамбура

Но-мера образ-цов	Количество гидратированного порошка топинамбура в фаршевой смеси, %	Содержание влаги в фаршевой смеси, %	Состав фаршевой смеси
1	0	73,0	100 г мясного фарша (контроль. без гидратированного порошка топинамбура:)
2	5	72,8	95 г мясного фарша + 5 г гидратированного порошка топинамбура
3	10	72,6	90 г мясного фарша + 10 г гидратированного порошка топинамбура
4	15	72,4	85 г мясного фарша + 15 г гидратированного порошка топинамбура
5	20	72,2	80 г мясного фарша + 20 г гидратированного порошка топинамбура

В использованном мясе содержалось 73,0 влаги. При содержании влаги в порошке топинамбура 5,5 % [4] в 100 г гидратированного порошка топинамбура (соотношение 1:2) 68,5 г влаги, т.е. 68,5%. Содержание влаги в фаршах с различными концентрациями порошка топинамбура примерно одинаково (таблица 1), оно при всех дозировках порошка топинамбура не превышает уровня контрольного образца.

Водоудерживающую способность фаршей (ВУС) определяли как связанную влагу методом прессования и рассчитывали по формуле 1.

$$\text{ВУС, \%} = \frac{\text{общая влага в навеске, г} - \text{отпрессованная влага, г}}{\text{масса навески, г}} \cdot 100 \quad (1)$$

Где

$$\text{общая влага в навеске} = \frac{\text{содержание влаги в исследуемом фарше, \%}}{100} \cdot \text{масса навески, г}$$

$$\text{отпрессованная влага} = m_1 - m_2$$

m_1 – масса навески с пленкой до прессования, г

m_2 – масса пленки с навеской после прессования, г

m_0 – масса пленки, г

$$\text{масса навески} = m_1 - m_0$$

По формуле 1 получены результаты, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Изменение водоудерживающей способности фарша при добавлении гидратированного порошка топинамбура

Номера образцов фарша	Содержание гидратированного порошка топинамбура в фарше, %	Водоудерживающая способность (связанная влага, % от массы навески)
1	0	25,12
2	5	35,86
3	10	34,03
4	15	41,12
5	20	38,39

Зависимость ВУС фарша от содержания гидратированного порошка топинамбура представлена также на рисунке 1.

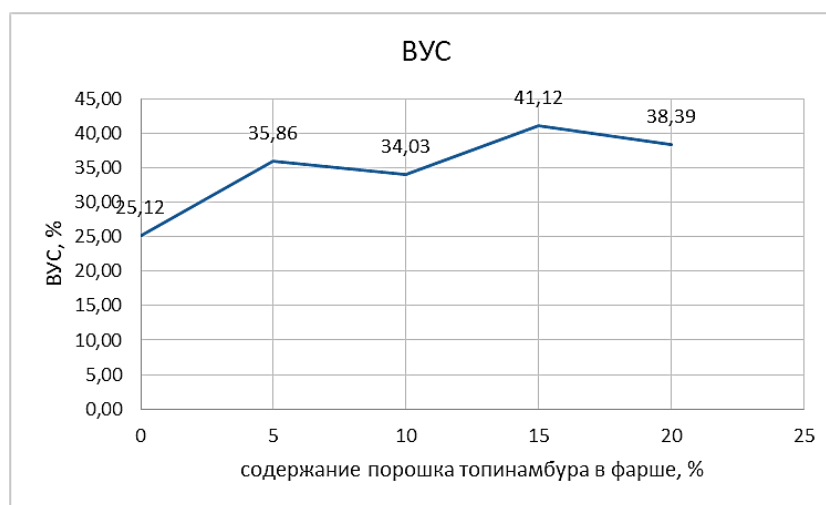


Рисунок 1 – Водоудерживающая способность фарша при различном содержании в нем гидратированного порошка топинамбура

Как видно из полученных данных, при добавлении гидратированного порошка топинамбура ВУС фарша возрастает. Это может быть связано с наличием в составе порошка топинамбура полисахаридного комплекса, который обладает высокой гидрофильностью и удерживает влагу, а также белков с высокой гидрофильностью. Во всех образцах фарша с порошком топинамбура ВУС выше, чем в контрольном образце. На графике видны два экстремума – при 5 и 15 % порошка топинамбура и два минимума при 10 и 20 % порошка топинамбура. По полученным данным можно считать оптимальным внесение гидратированного порошка топинамбура в количестве 15%.

Установлено [3], что при измельчении мяса рН понижается, что позволяет отнести снижение ВУС при 10% порошка топинамбура за счет понижения рН. Но внесение порошка топинамбура способствует повышению рН фаршевой смеси, что в свою очередь также сопровождается повышением водоудерживающей способности белков мясного фарша [1]. В частности, при гидратации инулин формирует гель, имеющий структуру, схожую с жирами. Гели, полученные из инулина, растворенного в водной среде, имеют кремовую структуру, консистенция которой зависит от концентрации инулина. Уровень рН не оказывает влияния на стабильность инулиновых гелей.

Исследование влияния содержания в фаршевой смеси гидратированного порошка топинамбура на потери массы при термической обработке

Для определения влияния содержания гидратированного порошка топинамбура на потери массы при термической обработке гидратированный порошок топинамбура вносился в фарш в количествах от 5 до 25%.

Потери при термической обработке находили по формуле 2.

$$\Pi = \frac{m_{\text{до}} - m_{\text{после}}}{m_{\text{до}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

Конечные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Массопотери при термической обработке фарша с различными дозами порошка топинамбура

Содержание гидратированного порошка топинамбура, %	Массопотери, %
0	33,7
5	29,5
10	25,0
15	25,1
20	23,5
25	24,0

На рисунке 2 эти массопотери представлены в виде графика.

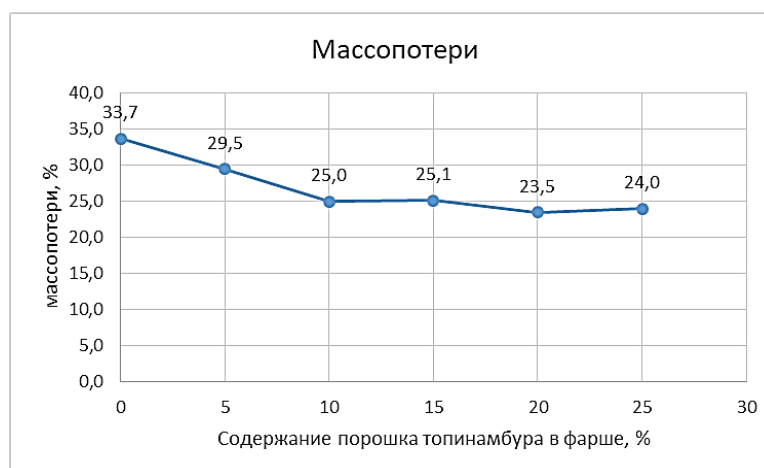


Рисунок 2 – Массопотери при термической обработке фарша с различными дозами порошка топинамбура

По результатам видно, что при увеличении концентрации гидратированного порошка топинамбура массопотери понижаются. Это связано с увеличением водоудерживающей и жирудерживающей способностей белков фарша при внесении гидратированного порошка топинамбура и гидрофильностью углеводов порошка за счет клейстеризации и гелеобразования.

Минимальное значение массопотерь при массовой доле порошка топинамбура 20%. С увеличением дозы гидратированного порошка фиксируется рост потерь при термообработке.

2.2 Исследование влияния степени измельчения мяса на функционально-технологические свойства фаршевой смеси

Водоудерживающая способность (ВУС)

Проводились исследования по выявлению влияния степени измельчения мяса на влагоудерживающую способность фаршевой смеси.

Значения ВУС определялись по методике, описанной выше. Содержание воды в мясе составляло 73%.

На рисунке 3 представлена диаграмма изменения ВУС фаршевой смеси в зависимости от степени измельчения мяса. Мясо измельчалось на волчке с диаметром отверстий в решетке 6 и 2 мм (образцы №1 и №2), а также измельченное на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм мясо дополнительно куттеровалось в течение 30 сек (образец №3), 1 и 2 минут (образцы №4 и №5) с целью увеличения степени измельчения

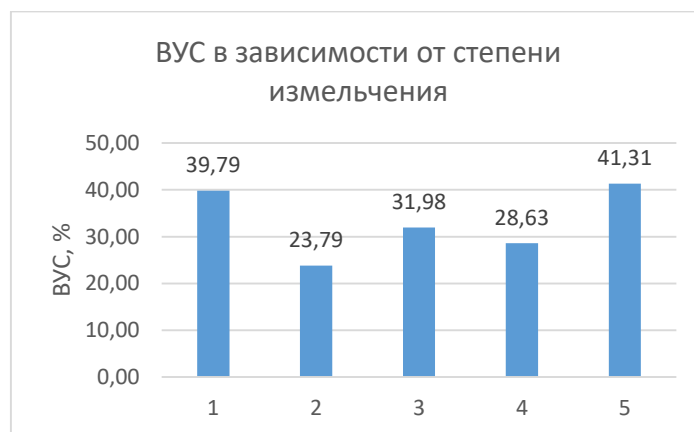


Рисунок 3 – ВУС в зависимости от степени измельчения мяса

Где:

Образец №1 – Измельчение на волчке с диаметром отверстий в решетке 6 мм

Образец №2 – Измельчение на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм

Образец №3 - Измельчение на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 30 сек

Образец №4 - Измельчение на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 1 мин

Образец №5 - Измельчение на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм+ куттерование 2 мин

Полученные результаты свидетельствуют о колебаниях значений этого показателя. Но можно сказать, что в отношении ВУС наиболее оптимальной степенью измельчения мяса является измельчение на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм и дальнейшее куттерование в течение 2 минут. Остальные образцы имели меньшую ВУС. ВУС имеет прямую зависимость от рН. При измельчении мяса его рН снижается. Это связано с высвобождением ионов калия, кальция и др. из органелл клеток. Но при дальнейшем измельчении содержание ионов выравнивается и рН повышается [3].

Определение потерь массы при термической обработке

Потери массы при термической обработке являются одним из функциональных свойств мясных систем, на которые влияют различные факторы, в том числе степень измельчения мяса.

Исследования по выявлению влияния степени измельчения мяса на потери массы при термической обработке проводились с использованием фарша, полученного при измельчении мяса на волчке с диаметрами отверстий в решетке 6 мм (образец №1) и 2 мм (образец №2), а также фарша, полученного при измельчении мяса на волчке с диаметрами отверстий в решетке 2 мм и большей степенью измельчения. Продолжительность куттерования этих фаршей составляла 30 сек (образец № 3), одну минуту (образец № 4) и две минуты (образец № 5). Потери при термической обработке рассчитывались по формуле (2). При куттеровании происходит эмульгирование системы, что тоже способствует повышению ВУС и, соответственно, снижению потерь массы при термической обработке.

Влияние степени измельчения фарша на потери массы при термической обработке показано на рисунке 4

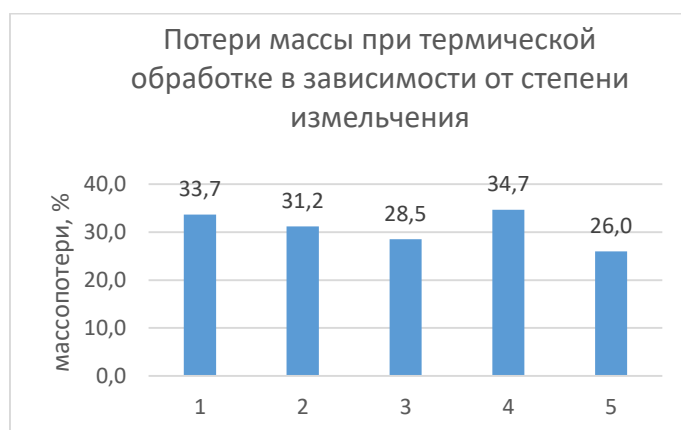


Рисунок 4 – Влияние степени измельчения фарша на потери массы при термической обработке

Где:

Образец № 1 – Измельчение мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 6 мм

Образец № 2 – Измельчение мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм

Образец № 3 - Измельчение мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 30 сек

Образец № 4 - Измельчение мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 1 мин

Образец № 5 - Измельчение мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 2 мин

Из диаграммы видно, что уже фарш, измельчение которого проводилось на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм, имеет более низкие потери массы по сравнению с фаршем, полученным на волчке с диаметром отверстий в решетке 6 мм. Самые низкие массопотери достигаются при куттеровании в течение 2 минут фарша, полученного при измельчении на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм (образец №5). Более высокие потери у образца №4 (куттерование в течение 1 минуты). Снижение рН при измельчении мяса было отмечено исследователями [3]. У этого же образца фарша отмечено снижение ВУС (рисунок 4). При повышении степени измельчения рН фарша возрастает, возрастает ВУС и соответственно снижаются потери при термической обработке. Массопотери находятся в обратной зависимости от ВУС, ЖУС, ВСС и других факторов. Таким образом, наиболее оптимальным вариантом в отношении снижения массопотерь является измельчение мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм и дальнейшее куттерование его в течение 2 минут.

Определение зависимости вязкости фарша от степени измельчения

Вязкость фарша является одним из показателей, характеризующих функционально-технологические свойства [5]. При внесении в фарш гидратированного порошка топинамбура, понижается такой реологический показатель как напряжение сдвига. Снижение значений напряжения сдвига связано с изменением за счет введения этой добавки пространственной структуры фарша (дисперсной фазы) - при введении гидратированного порошка в структуру попадают гидратированные углеводы, пектиновые вещества, клетчатка, белки. При этом образуется коллоидная система за счет взаимосвязи набухших веществ и гидрофильной оболочки микрочастиц фарша. Образованная таким образом пространственная структура (эмульсия) обладает эластичностью, способностью изгибаться и сворачиваться, оказывая меньшее сопротивление внешнему воздействию. Соответственно изменяется вязкость фарша. Вязкость любой системы зависит от многих внешних параметров.

Зависимость вязкости фарша, определенной на приборе ЭАК – 1М, от степени его измельчения представлена на рисунке 5.

Она изменяется при различной степени измельчения фарша. Прибор ЭАК-1М не дает конкретных результатов по динамической, либо кинетической вязкости, а показывает лишь изменения условной вязкостной характеристики объекта. На дисплее прибора значения вязкости представлены в единицах от 10 до 100. И данные, получаемые на этом приборе, позволяют фиксировать динамику вязкости при различных параметрах получения систем. А это значит, что можно воспользоваться экспресс-анализатором для достаточно точного определения изменения вязкости (прибор достаточно чувствителен, чтобы различить сладкий чай и несладкий). Принцип работы этого прибора заключается в измерении мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивления исследуемого продукта при вращении в нем насадки прибора.

Проведены исследования по выявлению влияния степени измельчения мяса на вязкость фарша на экспресс-анализаторе консистенции ЭАК-1М. Экспериментальные образцы представляли собой фарш, измельченный на волчке с диаметром отверстий 2мм (образец №1), куттерованный для повышения степени измельчения в течение 30 сек, одной и двух минут (образцы № 2, 3 и 4). На рисунке 5 представлен результат исследования.

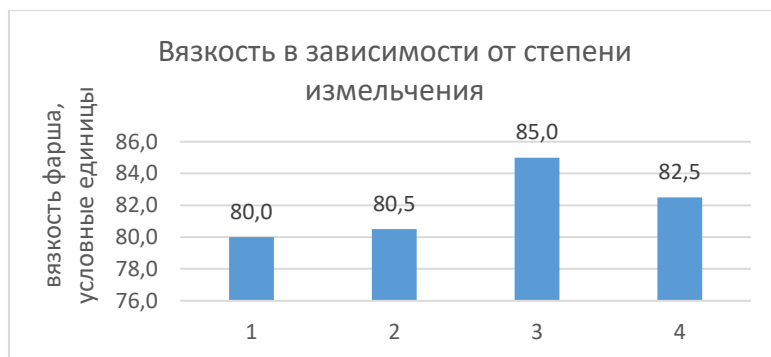


Рисунок 5 – Зависимость вязкости фарша от степени измельчения мяса

Где:

Образец № 1 – Измельчение на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм

Образец №2 - Измельчение на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 30 сек

Образец №3 - Измельчение на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 1 мин

Образец №4 - Измельчение на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 2 мин

При измельчении фарша образуется дисперсная система. Дисперсная фаза - это эмульгированный жир, а дисперсионная среда - коллоидный раствор саркоплазматических и миофибрилярных белков. Образование такой эмульсии и повышает вязкость фарша. Дальнейшее измельчение приводит к увеличению поверхности жировых частиц до предела, при котором водно-белковая фаза

не может удержать их в состоянии эмульсии. Эмульсия может разрушаться, что сопровождается снижением вязкости [2].

Наибольшее значение вязкости достигается при измельчении мяса на волчке и дальнейшем куттеровании фарша в течение 1 минуты. То есть, куттерование в течение 1 минуты измельченного на волчке мяса является оптимальным для получения требуемой вязкости. Это отличается от двух предыдущих характеристик (водоудерживающая способность и потери при термической обработке), для которых наилучшие результаты получаются при куттеровании фарша в течение двух минут.

Изменение аминокислотного азота при приготовлении фарша

Также проводились исследования по влиянию степени измельчения мяса на изменение аминокислотного азота в мясе. Результаты обрабатывались с помощью формулы 3.

$$AA = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 1,4 \cdot K \cdot V_3 \cdot 100}{m \cdot V_4} \text{ [мг/100г]} \quad (3)$$

Где

V_1 – количество 0,1н раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование в рабочей пробе после добавления формалина, см³

V_2 – количество 0,1г раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование в контрольной пробе, см³

V_3 – объем пробы в колбе после коагуляции белка, см³

V_4 – объем фильтрата, взятый на титрование, см³

K – коэффициент нормальности раствора гидроксида натрия

1,4 – количество азота свободных аминокислот, соответствующее 1 см³ точно 0,1 н раствора гидроксида натрия, мг

m – масса навески образца. г

На графике (рисунок 6) видно, что при тонком измельчении мяса значение ААА фарша возрастало. Это связано с изменением рН фарша и гидролизом белков. Если рН достигает изоэлектрическую точку миозина и актина, такой белок обладает низкой ВУС, что приводит к повышению свободной воды в фарше. Свободная вода, в свою очередь, способствует росту микрофлоры фарша и, соответственно, ААА. При дальнейшем измельчении фарша рН возрастает, ВУС повышается и в фарше снижается количество микрофлоры и ААА. Причины могут быть связаны с естественным составом мышечных клеток. Разрушение структуры мышечной ткани и рост однородности фарша приводит сначала к выходу из клеток, а в дальнейшем к выравниванию распределения ионов, присутствующих в мышечной ткани (калий, кальций и др.) [3].

На рисунке 6 представлена зависимость ААА фарша от степени измельчения мяса.

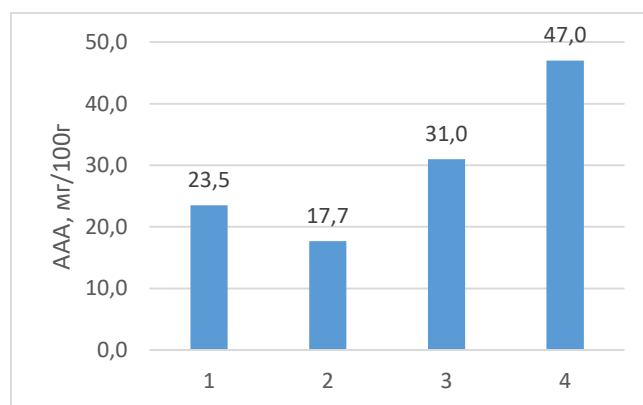


Рисунок 6 – Изменение ААА в зависимости от степени измельчения мяса

Где:

Образец №1 – Измельчение мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм

Образец № 2 - Измельчение мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 30 сек

Образец № 3 – Измельчение мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 1 мин

Образец №4 - Измельчение мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм + куттерование 2 мин

Наименьшее значение ААА получено при измельчении мяса на волчке и дальнейшем куттеровании в течение 30 секунд (образец №2). При увеличении степени измельчения ААА возрастает, но все равно остается на низком уровне, что свидетельствует о высокой сохранности белков мяса при выбранном режиме измельчения.

Также стоит учесть, что в предыдущих исследованиях при оценке величин ВУС и потерь при термической обработке фарша оптимальные результаты получены при измельчении мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм и дальнейшем куттеровании его в течение 2 минут. Поэтому предлагается в дальнейшем и использовать этот вариант измельчения мясного сырья.

Оценивая органолептические показатели фарша с добавлением гидратированного порошка топинамбура в качестве источника инулина, необходимо отметить, что инулин не имеет вкуса и запаха, поэтому не оказывает влияния на вкус и запах приготавливаемых полуфабрикатов (котлет). Немного снижается уровень цвета котлет вследствие светлого цвета гидратированного порошка топинамбура. Но способность порошка топинамбура к клейстеризации и гелеобразованию, образованию стабильных кремообразных гелей делает его прекрасным структурообразователем для измельченных эмульгированных мясных полуфабрикатов. Инулин может успешно заменять жир в мясопродуктах за счет его технологических свойств.

Заключение

В статье приведены результаты исследования по выявлению влияния гидратированного порошка топинамбура и степени измельчения мяса на функционально-технологические свойства фаршевой смеси - водоудерживающую способность, потери массы при термической обработке, вязкость фарша и изменения аминокислотного азота, характеризующие уровень стабильности белков при технологических воздействиях. Установлено, что внесение 15% от массы фарша гидратированного порошка топинамбура повышает ВУС, а также снижает потери массы при тепловой обработке.

Степень измельчения мяса также играет важную роль в формировании структуры фаршевой смеси. ВУС в начале измельчения снижается, но при повышении степени измельчения повышается. Наибольшего значения достигает при измельчении мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм и дальнейшем куттеровании фарша в течение 2 минут.

Потери массы при тепловой обработке с увеличением степени измельчения снижаются. Наименьшее значение потерь фиксируется при измельчении мяса на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм и дальнейшем куттеровании в течение 2 минут.

При увеличении степени измельчения мяса вязкость фарша сначала повышается, но затем снижается. Наибольшее значение вязкости достигается при измельчении на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм и дальнейшем куттеровании в течение 1 минуты.

С увеличением степени измельчения ААА повышается. Наименьшее значение ААА достигается при измельчении на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм и дальнейшем куттерировании в течение 30 секунд.

По данным, полученным в результате исследований, предлагается вносить до 20% гидратированного порошка топинамбура от массы фарша, заменяя им аналогичное количество мяса в рецептуре. При повышении ВУС, снижении потерь при термической обработке это делает фарш более мягким и нежным. При такой дозировке органолептические показатели мясных котлет не снижаются, а даже повышаются.

Для изготовления котлет рекомендуется измельчать фарш на волчке с диаметром отверстий в решетке 2 мм и куттеровать в течение 2 минут. Такая степень измельчения повышает вязкость

фарша, в сравнении с контрольным образцом. При повышении степени измельчения несколько повышается значение ААА. Но так как разрабатываемый полуфабрикат будет замораживаться и храниться при температуре не выше минус 18°С, эти изменения ААА не смогут повлиять на качество и безопасность продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Ермош, Л.Г. Использование муки топинамбура в технологии мясных кулинарных изделий повышенной пищевой ценности/ Л.Г. Ермош // Вестник Красноярского государственного аграрного университета – 2013 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-muki-topinambura-v-tehnologii-myasnyh-kulinarnyh-izdeliy-povyshennoy-pischevoy-tsennosti> (дата обращения: 10.08.21).

2.Зачесова, И.А. Исследования микроструктурных изменений мясных полуфабрикатов из оленины с добавлением порошка топинамбура И.А. Зачесова, С.В. Колобов, В.А. Пчелкина // Современная наука и инновации – 2018, №3 [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36998333> (дата обращения: 19.08.21).

3.Мурашев, С.В. Влияние глубины измельчения на свойства фарша говядины. С.В. Мурашев, У.О. Кодиров // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств» – 2014 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-glubiny-izmelcheniya-na-svoystva-farsha-govyadiny> (дата обращения: 12.08.21).

4.Муравьева, Н.А. Использование инулинсодержащего сырья в качестве добавки в мясные эмульгированные продукты для людей, страдающих сахарным диабетом Н.А. Муравьева, Л.С. Байдалинова //Вестник молодежной науки – 2019 - №4 [Электронный ресурс]. URL: <http://vestnikmolnauki.ru/wp-content/uploads/2019/12/Muraveva-421.pdf> (дата обращения: 16.08.21).

5.Технико-технологические аспекты приготовления мясных эмульсий. Лекция 6. / Рогов И.А. и др. Биотехнология мяса и мясопродуктов: курс лекций. 2009. Лекция 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://uchebnikfree.com/prodovolstvennyih-produktov-tehnologiya/leksiya-tehniko-tehnologicheskie-aspektyi-65795.html> (дата обращения 18.08.2021).

CHANGE IN THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MINCED MEAT SEMI-FINISHED MEATS (CUTLETS) AT USING TOPINAMBURA POWDER

¹Muravieva Natalia Alexandrovna, Bachelor

²Baydalinova Larisa Stepanovna, Professor, Cand. tech. Sciences, docent

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",

Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹natahlie98@gmail.com; ²larisa.baydalinova@klgtu.ru

The article discusses the efficiency of using Jerusalem artichoke flour in the technology of production of minced meat semi-finished products (cutlets). The influence of Jerusalem artichoke flour on the functional and technological properties of the minced meat mixture is assessed: water retention capacity and some rheological properties. The influence of the degree of meat grinding on the functional and technological properties of minced meat with different content of Jerusalem artichoke flour has been studied.

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СПОРТИВНОМ ПИТАНИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ДОБАВОК, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО РЫБНОГО СЫРЬЯ

¹Некрасова Юлия Олеговна, магистрантка 2 курса
Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹yulya.nekrasova.1998@mail.ru

Исследованы аминокислотный и минеральный составы протеинового гидролизата и белково-минеральной добавки, полученных из коллагенсодержащего вторичного рыбного сырья – чешуи сардины/сардинеллы. Биологическая ценность белка протеинового гидролизата составляет 59,9 %, белково-минеральной добавки – 10,7 %. Обосновано использование данных добавок в рецептуре протеинового батончика для спортивного питания в качестве источника натурального белка и минеральных веществ.

Люди, которые интенсивно занимаются спортом, должны уделять особое внимание своему питанию. Целенаправленное питание и поступление всех необходимых веществ могут повысить работоспособность организма. В большинстве случаев также имеет смысл дополнительное введение концентратов биологически активных веществ. Такими концентратами являются продукты спортивного назначения, которые необходимы для поддержания и, в лучшем случае, повышения эффективности тренировок и соревнований спортсмена. Регенерация после нагрузки также зависит от правильного питания и может быть улучшена с его помощью [1].

В настоящее время индустрия спортивного питания активно развивается, разрабатываются новые продукты. В особенности популярны среди потребителей протеиновые батончики [2].

Цель исследования – обосновать применение протеинового гидролизата и белково-минеральной добавки, получаемых из чешуи рыб, в технологии протеинового батончика, предназначенного для спортивного питания.

Исследования проводились в лабораториях Калининградского государственного технического университета (ФГБОУ ВО «КГТУ») на кафедре пищевой биотехнологии, а также в научно-консультационной лаборатории UBF GmbH г. Альтландсберг (Германия) в ходе научно-исследовательской работы с апрель по сентябрь 2021 г.

Технология получения протеинового гидролизата и белково-минеральной добавки из чешую сардины/сардинеллы разработана на кафедре пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «КГТУ». Эти продукты получают ферментализом с последующим высокотемпературным термолизом, что обеспечивает наибольший выход белковой фракции с низкомолекулярными активными пептидами (от 90%), которые необходимы в спортивном питании, а также высоким содержанием минеральных веществ – кальция и фосфора, необходимых спортсмену [3].

Содержание белка в продуктах гидролиза чешуи представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание белка в протеиновом гидролизате и белково-минеральной добавке, получаемых из чешуи сардины/сардинеллы

Продукт	Содержание, г/100г продукта
Протеиновый гидролизат	98,85
Белково-минеральная добавка	21,09

Аминокислотный состав белков протеинового гидролизата и белково-минеральной добавки определяли ионно-обменной хроматографией на базе лаборатории UBF GmbH г. Альтландсберг, Германия.

Анализ белков белково-минеральной добавки представлен в таблице 2.

Хроматографический анализ белков белково-минеральной добавки, полученной из чешуи рыб

Наименование аминокислоты	Содержание, г/100 г продукта
Аланин	1,04
Аргинин	2,06
Аспарагин	0,29
Аспарагиновая кислота	0,96
Карнозин	Не обнаружено
Цитруллин	Не обнаружено
Цистин	Не обнаружено
Глутамин	0,14
Глутаминовая кислота	0,52
Глицин	0,75
Гистидин	0,94
Гидроксипролин	Не обнаружено
Изолейцин	0,22
Лейцин	1,38
Лизин	1,17
Метионин	0,31
Орнитин	0,16
Фенилаланин	0,73
Пролин	0,2
Саркозин	Не обнаружено
Серин	1,14
Таурин	0,33
Треонин	0,97
Триптофан	Не обнаружено
Тирозин	0,62
Валин	0,46

Из таблицы 2 видно, что аминокислотный состав белково-минеральной добавки характеризуется высоким содержанием среди заменимых аминокислот аспарагиновой кислоты, глицина, гистидина. Данные аминокислоты очень важны для наращивания мышц, предотвращения их закисления, синтеза собственного коллагена, важного для опорно-двигательного аппарата спортсмена. Среди незаменимых аминокислот повышенным содержанием отличаются треонин, лизин и лейцин. БЦ белка представлена в таблице 3.

Таблица 3

Биологическая ценность белка белково-минеральной добавки из рыбьей чешуи

Наименование аминокислоты	Содержание АК		АКС, %	КРАС, %	БЦ, %
	в белке «эталоны» ФАО/ВОЗ, г/100г	в белке продукта, г/100 г			
Изолейцин	2,8	1,04	37,14	89,3	10,7
Лейцин	6,3	6,54	103,80		
Лизин	4,8	5,55	115,62		
Метионин + Цистин	2,3	1,47	63,91		
Фенилаланин + тирозин	4,1	6,4	156,09		
Треонин	2,5	4,6	184		
Триптофан	0,6	0	0		
Валин	4	2,18	54,5		

Как видно из таблицы 3, белок белково-минеральной добавки характеризуется пониженной биологической ценностью из-за отсутствия незаменимой аминокислоты триптофан. Однако, белково-минеральная добавка, помимо белка, является источником минеральных веществ, которые отсутствуют в протеиновом гидролизате. Минеральный состав белково-минеральной добавки определяли по методу атомно-абсорбционной спектроскопии на базе лаборатории UBF GmbH г. Альтландсберг, Германия. Содержание минеральных веществ представлено в таблице 4.

Таблица 4

Атомно-абсорбционный анализ минеральных веществ в белково-минеральной добавке из рыбьей чешуи

Минеральные вещества (макроэлементы)	Содержание в БМО, г/100г
Натрий	0,21
Калий	0,09
Кальций	22,19
Магний	0,32
Фосфор	11,97

Как видно из таблицы 4, белково-минеральная добавка характеризуется высоким содержанием кальция и фосфора, а также магния и натрия.

Кальций необходим для ограничения декальцификации костей и повышения плотности костей, для нормализации легочного газообмена, регулирует уровень глюкозы в крови. Кальций участвует, в частности, в поддержании целостности клеточной мембраны, а также в улучшении функций клеток [4].

Фосфор играет важную роль в получении и передаче энергии, служит строительным блоком в клеточных мембранах и влияет на действие различных гормонов. Кроме того, он используется организмом в качестве буфера в кислотно-щелочном равновесии, так как поддерживает стабильный pH крови. Суточная потребность в фосфоре составляет около 700 мг у здорового человека [5].

Таким образом, небольшая биологическая ценность белка белково-минеральной добавки компенсируется повышенным содержанием минеральных веществ, где на долю кальция приходится 22%, а на долю фосфора - 11%. Кальций и фосфор в особенности важны в спортивном питании для построения костной ткани, нормализации кислотно-щелочного равновесия, улучшение функций ОДА.

Результаты исследования аминокислотного состава протеинового гидролизата в виде сублимированной пептидной добавки представлены в таблице 5.

Таблица 5

Хроматографический анализ белков протеинового гидролизата, полученного из чешуи рыб

Наименование аминокислоты	Содержание, г/100 г продукта
Аланин	9,99
Аргинин	8,75
Аспарагин	1,38
Аспарагиновая кислота	2,5
Карнозин	0,32
Цитруллин	0,79
Цистин	Не обнаружено
Глутамин	1,17
Глутаминовая кислота	6,2
Глицин	7,16
Гистидин	3,9
Гидроксипролин	0,48
Изолейцин	5,07
Лейцин	11,68
Лизин	9,89
Метионин	5,41

Орнитин	3,56
Фенилаланин	6,81
Пролин	2,75
Саркозин	Не обнаружено
Серин	4,41
Таурин	1,64
Треонин	5,13
Триптофан	0,98
Тирозин	3,68
Валин	7,68

Аминокислотный состав протеинового гидролизата (табл. 5) характеризуется содержанием всех незаменимых аминокислот, в особенности повышенным содержанием лизина, лейцина, фенилаланина. Среди заменимых аминокислот повышенным содержанием отличаются аланин, аргинин, глицин. Хроматографический анализ позволил обнаружить также и другие азотистые соединения, обладающие биологической активностью: карнозин, цитруллин, орнитин и таурин.

Цитруллин - это заменимая аминокислота, которая превращается в организме в аргинин. Это единственная аминокислота, которая предотвращает возникновение спланхновой секвестрации, явления, которое ограничивает циркуляцию аминокислот у пожилых людей. Цитруллин организм вырабатывает в тонком кишечнике из глутамина и аргинина. Цитруллин превращается в аргинин в почках, что способствует выработке NO, газа, участвующего в расширении сосудов, нейротрансмиссии и выработке АТФ (клеточной энергии), что важно в спорте [6].

Карнозин, или L-карнозин, представляет собой пептид, который образуется организмом при переваривании продуктов с высоким содержанием белка. Присутствуя в больших количествах в мышечных и мозговых тканях, он, в частности, участвует в сокращении различных мышц и тканей, включая сердце. Концентрируется в мозге и защищает его от гликирования, перекрестных связей, окисления и эксайтотоксичности [7].

Таурин - это сернистое производное аминокислоты, которое естественным образом вырабатывается организмом человека. Обнаруживается в кровеносных сосудах, сетчатке, мышцах, мозге и т. д. Данная аминокислота незаменима для организма и особенно важна для правильного выполнения физических нагрузок, так как таурин способствует созданию мышечного тонуса во время физической активности. Одним из положительных эффектов, известных спортсменам, является улучшение производительности, включая выносливость. Поэтому некоторые спортсмены полагаются на добавки, содержащие таурин (например, таурин 1 000 мг), чтобы избежать судорог, боли и другого дискомфорта [8].

Орнитин - это заменимая аминокислота, вырабатываемая как промежуточная молекула в цикле мочевины. Это ключевой субстрат для синтеза пролина, полиаминов и цитруллина. Аминокислота орнитин используется в спортивном питании для тренировки силы и выносливости. Орнитин выполняет множество функций и задач, которые одинаково интересны для спортсменов с тренировочными целями наращивания мышечной массы и сжигания жира [9].

Рассчитанные коэффициенты, характеризующие биологическую ценность протеинового гидролизата, представлены в таблице 6.

Биологическая ценность белка протеинового гидролизата, полученного из чешуи рыб

Наименование аминокислоты	Содержание АК		АКС, %	КРАС, %	БЦ, %	U, доли ед.
	в белке «эталона» ФАО/ВОЗ, г/100г	в белке продукта, г/100 г				
Изолейцин	2,8	5,12	182,85	40,1	59,9	0,79
Лейцин	6,3	11,81	187,46			
Лизин	4,8	10	208,33			
Метионин + Цистин	2,3	5,47	237,82			
Фенилаланин + тирозин	4,1	10,6	258,53			
Треонин	2,5	5,18	207,2			
Триптофан	0,6	0,99	165			
Валин	4	7,76	194			

На основании представленных расчетов (табл. 6) можно сделать вывод о достаточно высокой биологической ценности белка протеинового гидролизата (59,9 %). Полноценность данного белкового продукта подтверждается значениями аминокислотных скоров для всех незаменимых аминокислот выше 100 % (165 – 258,53 %), при этом лимитирующей аминокислотой является триптофан (скор 165%). В протеиновом гидролизате коэффициент утилитарности аминокислотного состава равен 0,79, что свидетельствует о его достаточно высокой сбалансированности по отношению к физиологической норме.

Таким образом, аминокислотный состав белков протеинового гидролизата, полученного из коллагенсодержащего рыбного сырья – чешуи сардины/сардинеллы – характеризуется не только наличием всех незаменимых аминокислоты, повышенным содержанием заменимых АК, а также является натуральным источником таких соединений, как орнитин, карнозин, цитруллин и таурин, которые активно используются в спортивном питании в качестве отдельных биологически активных добавок, что повышает биопотенциал данного вида сырья и добавок (протеиновый гидролизат) для производства специализированной пищевой продукции.

На основании исследований предложена рецептура протеинового батончика с применением добавок из коллагенсодержащего вторичного рыбного сырья (таблица 7).

Таблица 7

Рецептура протеинового батончика, предназначенного для спортивного питания

Ингредиент	Количество, кг/100кг
Протеиновый гидролизат	21,5
Белково-минеральная добавка	3,5
Добавка из вторичного яблочного сырья	16,7
Молотый кедровый орех	15
Льняной жмых	35
Шоколадная глазурь	8,3

Необходимое содержание белка достигается за счет внесения протеинового гидролизата в рецептуру батончика и его комбинирование со вспомогательным сырьем – льняным жмыхом и кедровым орехом. Полученные данные по физико-химическим показателям готового продукта представлены в таблице 8.

Физико-химические показатели батончика для спортивного питания

Наименование показателя	Результаты эксперимента	Пересчет на 60 г готового продукта	Суточная потребность ** г/сут	% от сут. Потребности (60 г продукта)
Массовая доля влаги, %	13,47	8,1	-	-
МД сухих веществ, %	86,53	51,9	-	-
МД белка, %	23,54	14,12	81,7	17,2
МД жира, %	10,51	6,3	96,5	5,2
МД золы, %	4,22	2,53	-	-
МД углеводов*, %	48,26	28,95		
в т.ч. клетчатки, %	24,05	14,43	20	72,15
Содержание Са, г	0,73	0,44	1	44
Содержание Р, г	0,36	0,22	0,8	27,5
Витамин Е***, мг%	5,62	3,36	15	22,4

*- МД углеводов получена расчетным способом

** - согласно МР 2.3.1.2432–08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации

***- содержание витамина Е получено расчетным путем исходя из его содержания в кедровых орехах [10]

Из полученных данных (таблица 8) видно, что готовый протеиновый батончик является высокобелковым продуктом (МД белка 23,54%), функциональным по содержанию таких макроэлементов как кальций и фосфор (удовлетворяет суточную потребность на 44% и 27% соответственно), а также по пищевым волокнам, в особенности клетчатке – на 72,15, витамине Е – на 22,4%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментальных исследований показали перспективность применения протеинового гидролизата и белково-минеральной добавки, получаемых глубоким гидролизом чешуи сардины и сардинеллы, в технологии протеинового батончика, предназначенного для спортивного питания. Готовый продукт относится к высокобелковым продуктам питания, является функциональным по содержанию кальция и фосфора, а также пищевым волокнам, витамину Е и полифенолам за счет дополнительного сырья (яблочного жмыха, льняного жмыха и кедрового ореха). Протеиновый батончик массой 60 г рекомендуется спортсменам и людям, который ведут активный и подвижный образ в жизни за 30-40 минут до/после тренировки или в качестве перекуса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ рынка спортивного питания в России в 2015-2019 гг, оценка влияния коронавируса и прогноз на 2020-2024 гг // Электрон. дан. Режим доступа URL: www.businessstat.ru (дата обращения 24.08.2021).
2. Некрасова Ю.О., Мезенова О.Я. Батончики-снеки для спортивного питания: маркетинговое исследование и технология // Вестник Молодежной науки КГТУ. - 2020. - № 23. - С. 8. DOI: 10.46845/2541-8254-2020-3(25)-8-8
3. Мезенова О. Я. Перспективы получения и использования протеинов из вторичного рыбного сырья // Вестник Международной академии холода. - 2018. - № 2. С. 5–11.
4. Иорданская Ф.А., Цепкова Н.К. Кальций в крови: диагностическое и прогностическое значение в мониторинге функционального состояния высококвалифицированных спортсменов // Вестник спортивной науки. – 2009. - С. 33 – 35.
5. Иорданская Ф.А., Цепкова Н.К. Фосфор крови: диагностическое и прогностическое значение в мониторинге функционального состояния высококвалифицированных спортсменов // Вестник спортивной науки. – 2011. - С. 30 – 33.
6. Papadia C., Osowska S., Cynober L. Citrulline in health and disease. Review on human studies // Clinical Nutrition. – 2018. - № 37. - P. 1823-1828.
7. Sale C., Artioli G.G., Gualano B. Carnosine: from exercise performance to health // Amino Acids. – 2013. - № 44. - P. 1477–1491.

8.Huxtable R. J. Physiological actions of taurine // Physiological Reviews. – 1992. - Vol. 72. - № 1. – P. 101–164.

9.Оковитый С.В., Шустов Е.Б. Орнитинзависимые механизмы коррекции мышечного утомления и восстановления после физических нагрузок // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2020. - № 4. – С. 74-83.

10.Биопотенциал семян кедровой сосны сибирской и его изменения в процессе хранения / Ю.О. Некрасова, О.Я. Мезенова, Й. – Т. Мерзель, С. Кюн // Известия КГТУ. - 2020. - № 56. – С. 119–133.

RATIONALE FOR THE USE IN SPORTS FOOD OF SPECIALIZED SUPPLEMENTS OBTAINED FROM COLLAGEN-CONTAINING FISH RAW MATERIALS

¹Nekrasova Yuliya Olegovna, 2nd-year master's student
Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of Technical Sciences, Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹yulya.nekrasova.1998@mail.ru

The amino acid and mineral compositions of protein hydrolysate and protein-mineral additives obtained from collagen – containing secondary fish raw materials-sardine/sardinella scales were studied. The biological value of the protein of the protein hydrolysate is 59.9 %, the protein-mineral supplement is 10.7 %. The use of these additives in the technology of a protein bar for sports nutrition as a source of natural protein and minerals is justified.

УДК 664.314.6

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ДЕСЕРТНОГО КРЕМА ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

Нигматуллина Идалия Маратовна, студентка кафедры пищевой биотехнологии
¹Агафонова Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры
пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹svetlana.agafonova@klgtu.ru

Разработана и оптимизирована рецептура десертного крема, состоящего из яблочного пюре, полученного с применением ферментативного гидролиза, купажа растительных масел с оптимальным соотношением омега-3 и омега-6 полиненасыщенных жирных кислот, яичного меланжа, камеди рожкового дерева и других ингредиентов. Установлены оптимальные количества компонентов (в % к массе яблочного пюре): купаж растительных масел – 30,92, меланж – 23,02, камедь рожкового дерева – 0,52. Полученный крем содержит функциональные ингредиенты, удовлетворяющие суточную потребность в витамине Е, омега-6 и омега-3 жирных кислотах и бета-каротине.

Введение

При разработке поликомпонентных эмульсионных продуктов встает вопрос о стабилизации получаемой системы, поскольку составные части такого продукта, как правило, имеют различную природу происхождения – растительную или животную, разную консистенцию, вкус, запах и рео-

логические свойства. Благодаря этому конечный продукт имеет интересные вкусовые характеристики и повышенную биологическую ценность. Примером таких эмульсионных продуктов является масложировая продукция, а именно кремы на растительных маслах, в том числе десертные.

Также создание новых рецептов пищевых продуктов и, в частности, десертных кремов должно происходить с учетом сегодняшнего общемирового запроса к профилактике возникновения и восполнению существующих дефицитов микро- и макроэлементов. Проектируемые продукты должны иметь функциональное назначение для предотвращения появления алиментарно-зависимых заболеваний у населения.

Принимая во внимание вышеперечисленные факторы, предлагается рецептура десертного крема с повышенной биологической ценностью. Основу крема будет составлять пюре из вторичного яблочного сырья, полученное с использованием ферментативного гидролиза. Оно богато пектиновыми веществами, микро- и макроэлементами и некоторыми витаминами. В проведенных ранее исследованиях были обоснованы режимы гидролиза, позволяющие получить пюре с заданными свойствами и большим выходом готового продукта [5]. В качестве эмульгатора будет использована сахаро-яичная смесь, в качестве стабилизатора – камедь рожкового дерева. Жировая фракция крема будет представлена купажем подсолнечного и рыжикового масла в соотношении 82:18 соответственно. При таком соотношении обеспечивается необходимая пропорция ω -6: ω -3 полиненасыщенных жирных кислот на уровне 9:1 при минимальной стоимости готовой композиции. Оно было получено в результате оптимизации купажей масел с помощью линейного программирования с применением программного пакета Microsoft Excel. Расчет купажа вели с учетом стоимости жировой фракции, коррелирующей с оптимальными жирнокислотным и витаминным составами [4].

Проектируемый десертный крем представляет собой прямой тип эмульсии, в которой дисперсионной средой выступает жидкая составляющая яблочного пюре, а дисперсионной фазой купаж масел и сахарно-яичная смесь. Наличие в креме гидрофобной фазы позволяет обогатить его масляным раствором бета-каротина [1,2].

Целью работы был поставлен расчет необходимого количества ингредиентов, обеспечивающих заданные органолептические и физико-химические свойства путем оптимизации рецептуры десертного крема с помощью ортогонального центрального композиционного плана второго порядка (ОЦКП).

Объекты и методы исследования

Оптимизацию рецептуры десертного крема проводили в соответствии с матрицей ОЦКП второго порядка для трех факторов. При реализации плана варьировали содержание: купажа растительных масел, яиц и камеди (все в % к массе пюре). При определении пределов варьирования руководствовались выбором наименьшего оптимального количества ингредиента, способствующего оказывать положительное влияние на органолептические и функциональные свойства конечного продукта, сохраняя его безопасность. Так, внесение купажа масла в количестве 20-50 % к массе пюре критично не изменяло структуру и вкусовые качества готового продукта. Содержание менее 20 % купажа не соответствовало идее проектирования продукта с заданными свойствами, обеспечивающими функциональность по содержанию ПНЖК, удовлетворяющим не менее 30 % суточной потребности в этих веществах.

Введение в состав крема меланжа в количестве 15-35 % к массе пюре обеспечивало необходимые структурные характеристики продукта. Содержание камеди рожкового дерева подбиралось из расчета его безопасного рабочего действия, которое составляет по литературным данным 0,05-1,00 % [3]. Изменяемые факторы и пределы их варьирования указаны в таблице 1.

Таблица 1

Изменяемые факторы при оптимизации рецептуры и пределы их варьирования

Факторы	Уровни			Интервал варьирования, ΔX
	-1	0	+1	
Содержание купажа масел $M_{\text{крм}}$, % к массе яблочного пюре	20,0	35	50,0	15,0
Содержание меланжа $M_{\text{мел.}}$, % к массе яблочного пюре	15,0	25,0	35,0	10,0
Содержание камеди рожкового дерева $M_{\text{крд}}$, % к массе яблочного пюре	0,20	0,40	0,60	0,20

В качестве частных откликов были выбраны: динамическая вязкость (Па·с), стойкость эмульсии (% неразрушенной эмульсии), и органолептическая оценка (баллы). В качестве параметра оптимизации - обобщенный безразмерный параметр (таблица 2).

Динамическую вязкость опытных образцов определяли на ротационном вискозиметре Брукфильда (DV-E) при $t = 23^{\circ}\text{C}$, номере шпинделя – 6, при скорости вращения 100 мин^{-1} . Результаты выражали в Па*с. Стойкость эмульсии определяли в % неразрушенной эмульсии после кипячения и центрифугирования при 1500 мин^{-1} .

Таблица 2

Частные отклики и их «идеальные значения»

Наименование частного отклика	Размерность измерения	Идеальные значения частного отклика
Динамическая вязкость (ДВ)	мПа·с	6800
Стойкость эмульсии (СЭ)	% неразрушенной эмульсии	100
Органолептическая оценка (О)	баллы	10

Указанные показатели были определены в 15 опытных образцах, из них 6 были рассчитаны теоретически (рис.1).



Рисунок 1 - Опытные образцы крема

Результаты исследований

На основании полученных значений была составлена матрица и план эксперимента по моделированию рецептуры крема. Результаты реализации плана представлены в таблице 3.

Таблица 3

План эксперимента по моделированию рецептуры крема и результаты его реализации

№ опы-та	План эксперимента			Частные отклики			Частные безразмерные отклики			Обобщенный параметр оптимизации, Y
	$M_{крм}, \%$	$M_{мел.}, \%$	$M_{кам}, \%$	ДВ, Па·с	СЭ, %	О, б	$S_{ДВ}^2$	$S_{СЭ}^2$	S_{O}^2	
1	50	35	0,60	6,08	89	8	0,01121	0,01210	0,04000	0,06331
2	20	35	0,60	6,8	100	6	0,00000	0,00000	0,16000	0,16000
3	50	15	0,60	4,32	89	6	0,00000	0,01210	0,16000	0,17210
4	25	15	0,60	5,11	96	8	0,06177	0,00160	0,04000	0,10337
5	50	35	0,20	3,27	84	8	0,26948	0,02560	0,04000	0,33508
6	20	35	0,20	5,18	100	7	0,05676	0,00000	0,09000	0,14676

7	50	15	0,20	2,96	82	6	0,31889	0,03240	0,16000	0,51129
8	20	15	0,20	4,11	92	9	0,15649	0,00640	0,01000	0,17289
9	53,225	25	0,40	3,47	86	8	0,23981	0,01960	0,04000	0,29941
10	16,775	25	0,40	5,19	98	7	0,05606	0,00040	0,09000	0,14646
11	35	27,15	0,40	4,08	89	9	0,16000	0,01210	0,01000	0,18210
12	35	12,85	0,40	3,01	82	7	0,31064	0,03240	0,09000	0,43304
13	35	25	0,643	4,8	100	10	0,08651	0,00000	0,00000	0,08651
14	35	25	0,157	3,24	85	8	0,27408	0,02250	0,04000	0,33658
15	35	25	0,40	5,41	100	10	0,04178	0,00000	0,00000	0,04178

В результате вычисления коэффициентов математической регрессии была получена математическая модель рецептуры в кодированном виде:

$$y = 0,1877 + 0,00666X_1 - 0,00530X_2 - 0,0882X_3 + 0,0059X_1X_2 - 0,0847X_1X_3 + 0,0028X_2X_3 + 0,0082X_1^2 + 0,0485X_2^2 - 0,0076X_3^2$$

Для перехода кодированной математической модели к модели в натуральном виде подставляем в полученное уравнение натуральные значениям факторов. Модель принимает вид:

$$y = 0,2396 + 0,01183M_{\text{крм}} - 0,0363M_{\text{мел}} + 0,805M_{\text{крд}} + 0,0000393M_{\text{крм}}M_{\text{мел}} - 0,02823M_{\text{крм}}M_{\text{крд}} + 0,0014M_{\text{мел}}M_{\text{крд}} + 0,0000364M_{\text{крм}}^2 + 0,000485M_{\text{мел}}^2 - 0,19M_{\text{крд}}^2$$

где: y – обобщенный параметр оптимизации;

$M_{\text{крм}}$ - содержание купажа растительных масел, % к массе пюре;

$M_{\text{мел}}$ - содержание меланжа, % к массе пюре;

$M_{\text{крд}}$ - содержание камеди рожкового дерева, % к массе пюре.

При определении частных производных математической модели по каждому фактору, приравнивании их к нулю и решении полученной системы уравнений, отыскивали оптимальные значения содержания каждого из компоненты рецептуры. Получены оптимальные значения каждого из компонентов:

- содержание купажа растительных масел $M_{\text{крм}} = 30,92$ % к массе пюре;

- содержание меланжа $M_{\text{мел}} = 23,02$ % к массе пюре;

- содержание камеди рожкового дерева $M_{\text{крд}} = 0,52$ % к массе пюре.

На рисунке 2 представлены графики поверхностей, иллюстрирующие оптимизацию рецептуры крема.

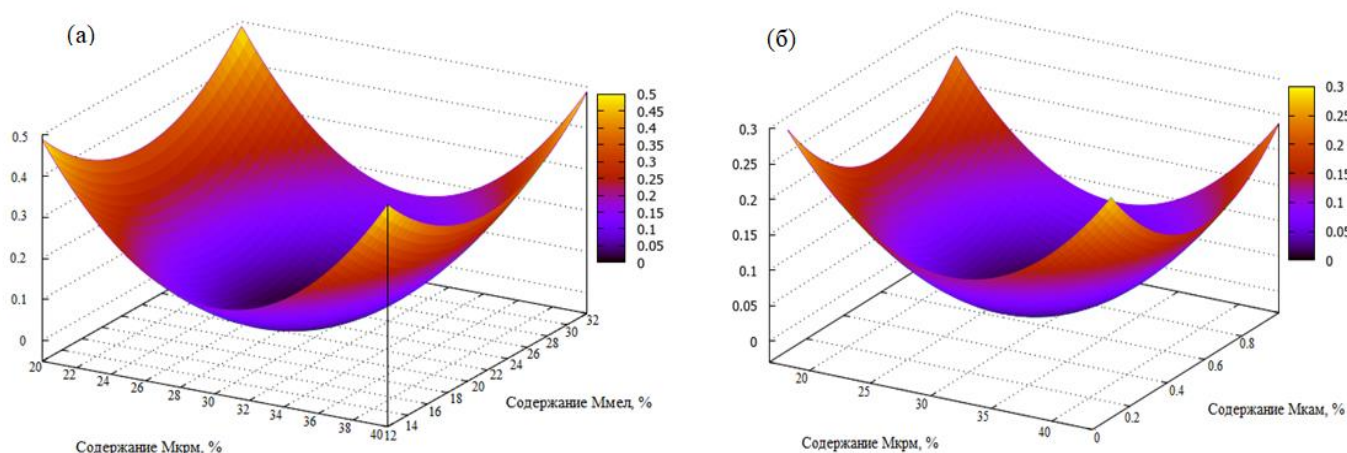


Рисунок 2 - Графическая интерпретация оптимизации рецептуры в зависимости от содержания (а) купажа растительных масел и меланжа, (б) купажа растительных масле и камеди рожкового дерева.

Заключение

В результате математического моделирования были получены значения, позволившие рассчитать и оптимизировать рецептуру десертного крема. Оптимальные величины каждого из компонентов составили (в % к массе яблочного пюре): для купажа растительных масел $M_{\text{крм}} = 30,92$, для меланжа $M_{\text{мел}} = 23,02$, для камеди рожкового дерева $M_{\text{крд}} = 0,52$. Спроектированный крем содержит функциональные ингредиенты, удовлетворяющие суточную потребность в витамине E, омега-6 и омега-3 жирных кислотах и бета-каротине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берестова, А.В. Особенности технологии пищевых масложировых эмульсий функционального назначения [Текст] / А.В. Берестова, Г.Б. Зинюхин, Л.В. Межуева // Масла и жиры. - 2016. - № 5/6. – С. 32-35.
2. Василенко З.В. Разработка технологии и ассортимента десертных кремов эмульсионной структуры [Текст] / З.В. Василенко, П.А. Ромашихин, Т.Н. Болашенко, О.В. Мацикова // Вестник торгово-технологического института. – Набережные Челны, 2011. – № 5. с 30-36.
3. Донченко Л.В. Пищевая химия. Добавки: учеб. пособие для СПО / Л.В. Донченко, Н.В. Сокол, Е.В. Щербакова, Е.А. Красноселова; отв. ред. Л.В. Донченко. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 223 с.
4. Нигматуллина И.М. Оптимизация состава купажа растительных масел для изготовления десертного крема [Текст] / И.М. Нигматуллина // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: Сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Саратов: ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2021. с. 371-376.
5. Нигматуллина И.М. Оптимизация процесса ферментативного гидролиза вторичного яблочного сырья [Текст] / И.М. Нигматуллина, С.В. Агафонова // Пищевая и морская биотехнология: материалы IX научно-практической конференции. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2020. с. 113-118.

DEVELOPMENT OF A RECIPE FOR A DESSERT CREAM OF INCREASED BIOLOGICAL VALUE

Nigmatullina Idalia Maratovna, Student of the Food Biotechnology Department
¹Agafonova Svetlana Viktorovna, PhD in Engineering,
Associate Professor of the Department of Food Biotechnology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹svetlana.agafonova@klgtu.ru

The recipe of a dessert cream consisting of applesauce obtained using enzymatic hydrolysis, a blend of vegetable oils containing an optimal ratio of omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids, egg melange, carob gum and other ingredients has been developed and optimized. The optimal values of the components were (in % by weight of applesauce): a blend of vegetable oils - 30.92, melange -23.02, carob gum-0.52. The resulting cream contains functional ingredients that satisfy the daily need for vitamin E, omega-6 and omega-3 fatty acids and beta-carotene.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ОПОРНО-КАРКАСНЫХ И ПОКРОВНЫХ ТКАНЕЙ ГИДРОБИОНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФЕРМЕНТОВ

¹Орлов Игорь Олегович, аспирант кафедры пищевой биотехнологии

²Землякова Евгения Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия, e-mail: ¹igor.orlov.workmail@gmail.com; ²evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

Проводится сравнительная оценка работы ферментных препаратов: папаин (производство Aromarti, Россия), алкалаза (производство Anitox, Германия) и коллагеназа II типа (производство ПанЭко, Россия) при их использовании в процессе гидролиза опорно-каркасных и покровных тканей гидробионтов с целью получения комплекса хондропротекторных веществ для создания пищевых функциональных продуктов на их основе.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных факторов, ухудшающих качество жизни человека, являются заболевания опорно-двигательного аппарата. Основную долю в этой группе заболеваний составляет остеоартрит - дегенеративно-дистрофическое заболевание суставов. Причиной заболевания обычно является нарушение обмена веществ в хрящевой и суставной ткани. Это может быть связано как с неспособностью организма синтезировать новые тканевые соединения, так и с нарушениями самого процесса регенерации, вызванными недостатком необходимых веществ, а также катализаторов этого процесса.

Морфология заболевания чрезвычайно сложна и комплексна, что делает невозможным остановить или полностью вылечить его, используя только один вектор лечения. Поэтому современная терапия делает акцент на комплексном подходе. Одним из этапов лечения является остановка разрушения хрящевой ткани путем введения в организм особой группы веществ, называемых хондропротекторами.

Хондропротекторы представляют собой гликозаминогликаны - естественные компоненты хрящевой ткани. В организме они связаны пептидной связью с коллагеном. Современные исследования показывают, что гликозаминогликаны не только могут участвовать в метаболизме новой ткани, но и запускать эти реакции, что может значительно ускорить терапию [1-5].

Сырьем для производства хондропротекторов служат хрящи крупного рогатого скота, а также акул и скатов. В связи с этим конечная стоимость препарата становится достаточно высокой, что ограничивает круг людей, которые могут приобрести данные препараты. Поэтому на сегодняшний день большой интерес представляют исследования, направленные на снижение стоимости хондропротекторов за счет оптимизации параметров производства и использования более доступного сырья [6 - 8].

Для получения гликозаминогликанов традиционно используется кислотный гидролиз. Этот метод обеспечивает высокий выход целевого вещества, но из-за большого количества операций, необходимых для предварительной и последующей обработки, процесс не только становится дорогим для производства, а также неэкологичным, но и занимает значительно больше времени, чем другие методы производства [9].

Цель исследования: оценить процесс ферментативного гидролиза вторичного рыбного сырья, а именно опорно-каркасных и покровных тканей судака и минтая, через такие показатели, как накопление форменного азота, сухих веществ, общее количество гликозаминогликанов в готовом полуфабрикate и степень гидролиза.

МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для исследования процесса ферментативного гидролиза опорно-каркасных и покровных тканей (ОКиПТ) судака и минтая использовались три ферментных препарата: папаин (производство Atomarti, Россия), алкалаза (производство Animox, Германия) и коллагеназа II типа (производство ПанЭко, Россия). Папаин является протеолитическим ферментом, и относится к классу гидролаз и подклассу цистеиновых протеаз. Последние годы этот фермент активно применяется в медицине, благодаря своей способности к подавлению воспалительных процессов. Диапазон допустимого pH для работы фермента крайне широк, но предпочтительнее всего среда с pH 7,5. Алкалаза также является протеолитическим ферментом, в свою очередь оптимальная температура и pH алкалазы сходны с папаином, что позволяет комбинировать применение этих ферментов для достижения большего эффекта. В соответствии с литературными данными, выбранные ферментные препараты обладают протеолитической и коллагеназной активностью, что позволяет применять их для сырья, содержащего большое количество соединительной ткани. Для увеличения выхода целевой композиции ткани подвергались дополнительной обработке – проварке, это способствовало частичному удалению не желательных легкоокисляющихся липидов, а также в дальнейшем значительно облегчало процесс измельчения сырья.

Коллагеназы - это ферменты, которые расщепляют коллаген, удерживающий ткани животных вместе, вырабатываются различными микроорганизмами и многими животными клетками. Наиболее активной коллагеназой является "сырая" коллагеназа, выделяемая анаэробными бактериями *Clostridium histolyticum*. Впервые она была получена и описана в 1953 году Макленнаном, Мандлом и Хоусом, со временем технологию усовершенствовали для получения продуктов с более высокой активностью. "Сырая" коллагеназа - смесь нескольких различных ферментов, помимо коллагеназы, которые проявляя синергизм действуют вместе для разрушения ткани. На сегодняшний день, за некоторыми исключениями, различные коммерческие коллагеназы производятся из *C. histolyticum* или являются рекомбинантными версиями, в которых *Escherichia coli* экспрессирует ген, клонированный из *C. histolyticum*.

После термообработки сырьё измельчалось с использованием мясорубки для достижения более высокой степени взаимодействия с ферментом. В таблице 1 представлен план исследований: сырьё, ферментные препараты и их количество, вводимое в систему.

Таблица 1

План исследований

№ исследования	Сырьё	Ферментный препарат	Количество фермента, %
№1	ОКиПТ судака	папаин	1,5
№2	ОКиПТ судака	папаин	3
№3	ОКиПТ судака	папаин + алкалаза	1,5 + 1,5
№4	ОКиПТ минтая	папаин	3
№5	ОКиПТ судака	коллагеназа	1

В качестве одного из показателей процесса ферментативного гидролиза использовался показатель степени гидролиза (СГ), который вычислялся по формуле (1):

$$СГ = \left(\frac{N_{AA} - N_{AA0}}{N_{OA} - N_{AA0}} \right) * 100\%, \quad (1)$$

где N_{OA} – содержание общего азота, %; N_{AA0} – содержание аминного азота в негидролизованном сырьё, %; N_{AA} – содержание аминного азота в гидролизате после гидролиза в течение периода времени τ , %.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рисунке 1 показан график накопления формальнитрируемого азота (ФТА), который является наиболее наглядным динамическим показателем стабильности протекания гидролиза. Лучше

всего накопление ФТА проходило в опыте с ОКипТ минтая при использовании фермента папаин в количестве 3 % к массе сырья и к 300 мин гидролиза составило 9,44%

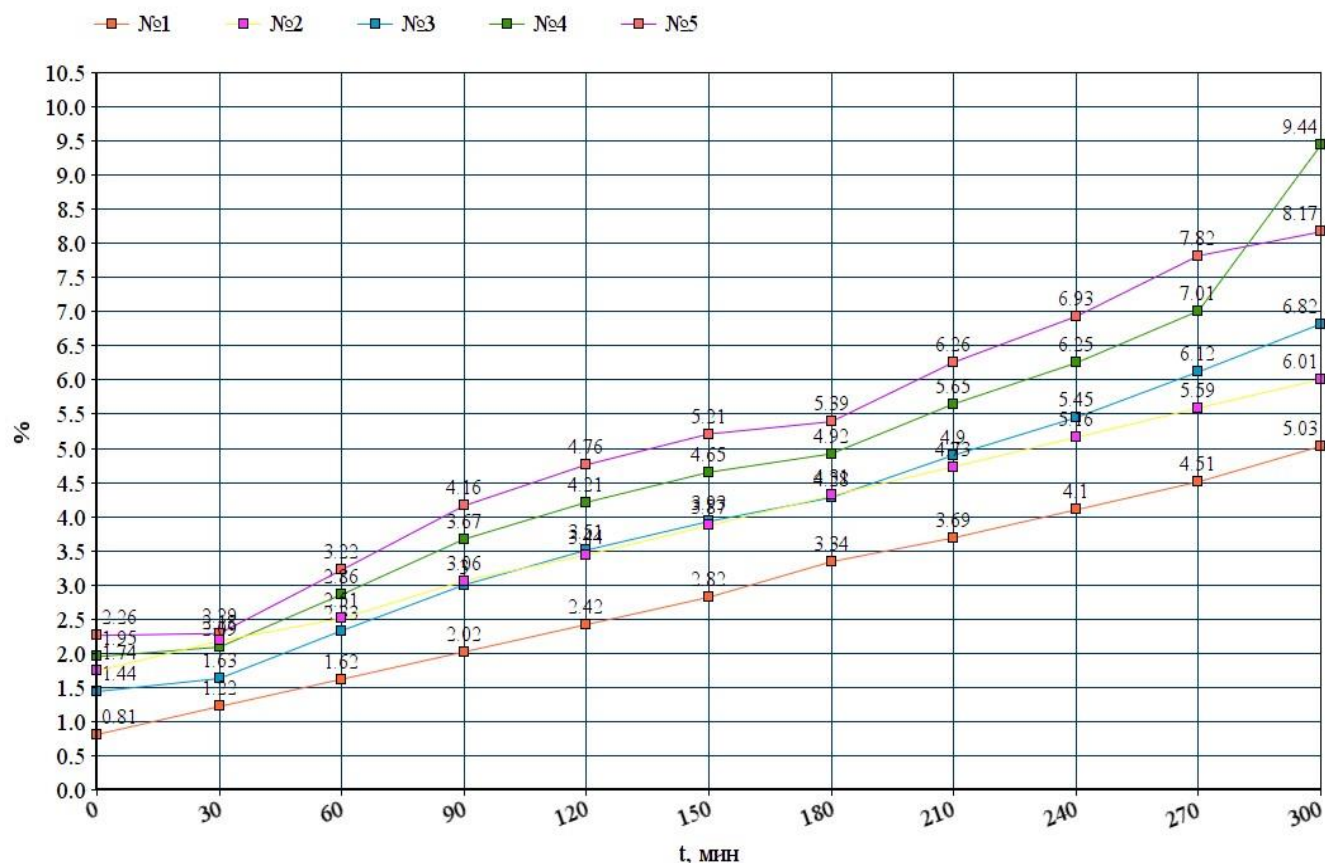


Рис. 1. График накопления ФТА в процессе гидролиза

№1: ОКипТ судака, папаин 1,5%; №2: ОКипТ судака, папаин 3%; №3: ОКипТ судака, папаин 1,5%+ алкалаза 1,5%; №4 ОКипТ минтая, папаин 3%; №5: ОКипТ судака, коллагеназа 0,5%

Как видно из графика, представленного на рисунке 1 по показателю ФТА лучшим оказался образец №4, хотя на графике представленном на рисунке 3 видно, что при наивысшем показателе ФТА, выход целевого вещества не всегда будет соразмерен. Это позволяет нам утверждать, что такой показатель как ФТА нельзя оценивать в абсолютном значении, являясь динамическим показателем, благодаря ему мы можем лишь оценивать общее состояние процесса гидролиза, путем отслеживания самого факта накопления ФТА.

Помимо показателя ФТА, контролировалось количество накопившихся сухих веществ и показатель накопления суммы гликозаминогликанов (рис. 2 и рис. 3). По этим показателям лучшим оказался образец №2, что позволяет утверждать, что накопление сульфатированных гликозаминогликанов лучше отражает собой процент накопления сухих веществ. Это наглядно показывает, что для исследования параметров гидролиза, важно отслеживать оба этих показателя.

Сравнивая данные представленные на рисунке 2 и 3, мы видим, что накопление сульфатированных гликозаминогликанов динамически коррелирует с накоплением сухих веществ и в случае, когда оценка сГаГ не возможна из-за продолжительного времени требуемого для проведения анализа, мы можем ориентироваться на накопление сухих веществ, оценивая скорость или глубину гидролиза.

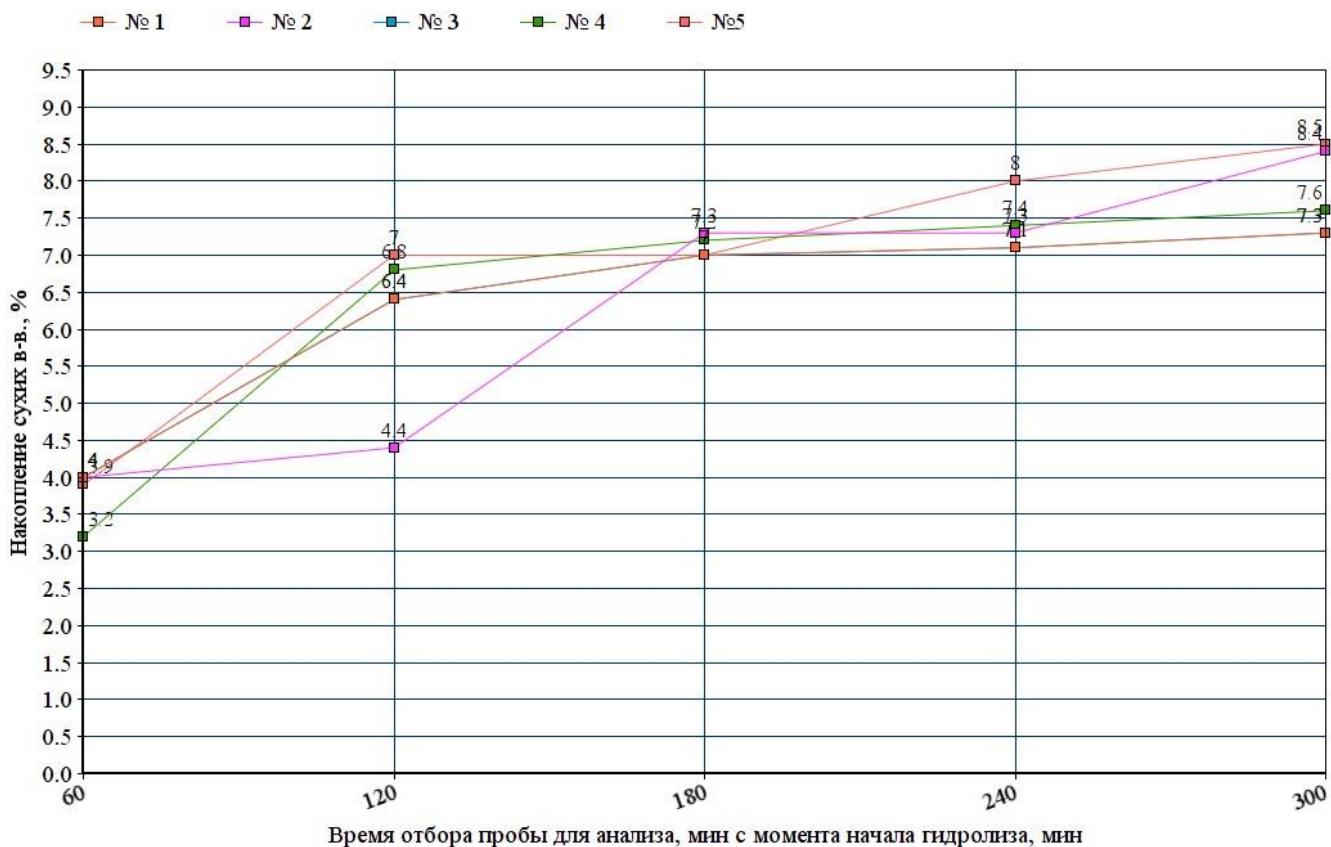


Рис. 2. График накопления сухих веществ в процессе гидролиза

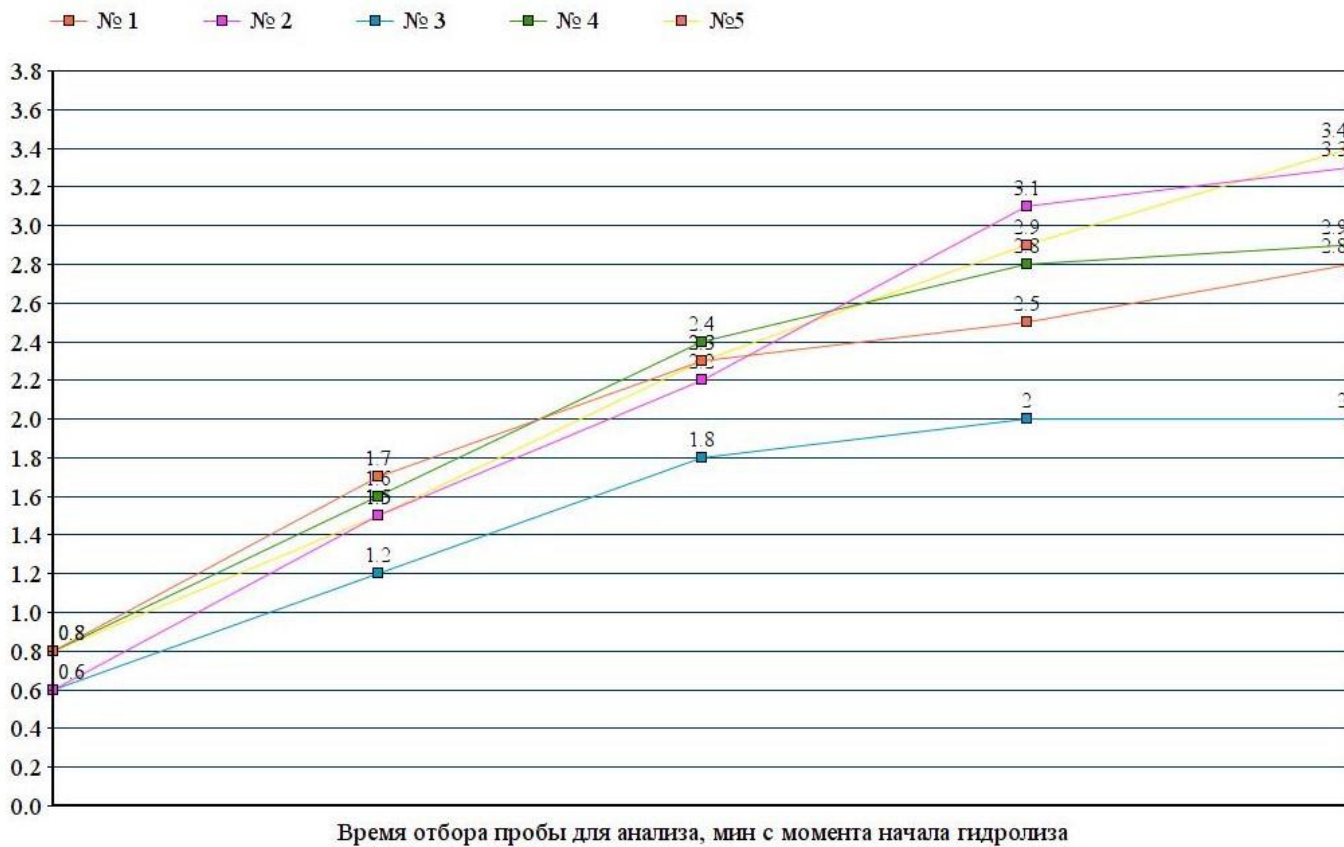


Рис. 3. График накопления сГА в процессе гидролиза

По показателям: содержание общего азота, содержание аминного азота в негидролизованном сырье и в гидролизате после гидролиза в течение периода времени τ были рассчитаны показатели степени гидролиза. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчётные показатели степени гидролиза сырья в зависимости от его вида, ферментных препаратов и их количества

Сырье	Фермент	Количество фермента, %	Степень гидролиза, %
ОКиПТ судака	папаин	1,5	48
ОКиПТ судака	папаин	3	60
ОКиПТ судака	папаин + алкалаза	1,5 + 1,5	54
ОКиПТ минтая	папаин	3	65
ОКИПТ судака	коллагеназа тип II	1	63

Как видно из данных таблицы 2 самой высокой степени гидролиза удалось добиться в образцах №3 и №4. В этих опытах было использовано 3% папаина и 1% коллагеназы, так-же высокий показатель степени гидролиза был достигнут в эксперименте №2, в котором так-же был использован папаин в количестве 3% к массе сырья, но в качестве сырья в нем применялись ОКиПТ судака. При этом использования 1,5% показало наихудший результат, так как такое количество фермента не способно гидролизовать хрящевую ткань за такой промежуток времени. При этом добавление к 1,5% папаина еще 1,5% алкалазы позволило перейти 50% границу степени гидролиза.

Так же не маловажным аспектом при подборе ферментов является их экономическая целесообразность. По этому, была проведена оценка стоимостных показателей для папаина и коллагеназы II типа, как для наиболее перспективных для изучения ферментов. Расчеты производились на основании проведенных экспериментов с учетом погрешности в необходимом количестве ферментных препаратов. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Оценка стоимости применения ферментов

Показатели	Папаин	Коллагеназа II типа
Цена за 1г., руб.	1800,75	100352
Количество ферментного препарата для получения 1 кг целевого продукта, г	20	1
Стоимость ферментного препарата для получения 1 кг целевого вещества, руб.	37500	100352

Данные таблицы 3, показывают, что при достаточно близких показаниях степени гидролиза, использования папаина позволяет получить экономическую выгоду в 2,67 раза, что делает этот фермент наиболее перспективным в масштабах производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных данных мы можем сделать выводы о том, что показатель ФТА позволяет оценить общее состояние процесса гидролиза и его следует наблюдать именно в динамическом состоянии.

Исследования позволили определить, что показатели накопления сГаГ и накопления сухих веществ, находятся в близкой зависимости и оценку проведения гидролиза для получения сГаГ, лучше всего проводить по показателю накопления сГаГ или же по накоплению сухих веществ.

В результате проведения опытов, было установлено, что ОКиПТ минтая лучше поддаются ферментативному гидролизу, как с точки зрения скорости процесса, так и глубины гидролиза (по показателю степени гидролиза). Среди оцениваемых ферментов, лучше результаты были продемонстрированы коллагеназой II типа и папаином. С точки зрения экономических показателей, папаин продемонстрировал наилучшие результаты при стоимости в 2,6 раз ниже при близких показателях степени гидролиза. Накопление ФТА активнее происходит при гидролизе ОКиПТ минтая.

Благодаря полученным данным, можно с большей точностью проводить оценку параметров для выявления оптимальных значений при математическом моделировании. Оба этих ферментных препарата так же показали себя с наилучшей стороны относительно скорости проведения гидролиза. Наиболее же экономически эффективным препаратом оказался папаин, который позволил достигнуть сопоставимых показателей гидролиза, за более низкую стоимость - 37500 руб. для получения 1кг целевого вещества, против 100352 руб. для получения аналогичного количества с применением коллагеназы II типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Schneider H., Maheu E., Cucherat M. Symptom-Modifying Effect of Chondroitin Sulfate in Knee Osteoarthritis: A Meta-Analysis of Randomized PlaceboControlled Trials Performed with Structum. *Open Rheumatol. J.*, 2012, 6: 183-189.
- 2.Reginster JY, Deroisy R, Rovati LC, et al. Long-term effects of glucosamine sulphate on osteoarthritis progression: a randomised, placebo-controlled clinical trial. *Lancet*, 2001, 357 (9252): 251-6.
- 3.Аникин С.Г. Хондроитин сульфат: механизмы действия, эффективность и безопасность при терапии остеоартроза / Алексеева Л.И // Современная ревматология. – 2012. – №3.
- 4.Campo G.M., Avenoso A., Campo S. et al. Glycosaminoglycans modulate inflammation and apoptosis in LPS-treated chondrocytes // *J. Cell Biochem.* – 2009. – Vol. 106 (1). – P. 83-92.
- 5.Caraglia M., Beninati S.D., Alessandro A.M. et al. Alternative therapy of earth elements increases the chondroprotective effects of chondroitin sulfate in mice // *Exp. Mol. Med.* – 2015. – Vol. 37. – P. 476-481.
- 6.Jomphe C., Gabriac M., Hale T.M. et al. Chondroitin sulfate inhibits the nuclear translocation of nuclear factor- κ B in interleukin-1 β -stimulated chondrocytes // *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.* – 2018. – Vol. 102. – P. 59-65
- 7.Зборовский А.Б., Мозговая Е.Э. Алфлутоп: опыт многолетнего клинического применения. *Фарматека*, 2016, 19: 35-40.
- 8.Парфенов В.А. Причины, диагностика и лечение боли в нижней части спины. *Неврология, нейропсихиатрия и психосоматика*, 2009, 1: 19-22.
- 9.Алексеева Л.И. Препараты замедленного действия в лечении остеоартроза // *Русский медицинский журнал.* - 2018. - №20. - С. 93-101.
- 10.Вертеброгенные заболевания нервной системы в детском и подростковом возрасте / Губеев Ю.Э., Хайбуллина Д.Х., Максимов Ю.Н., Есин Р.Г., Рахматуллина Э.Ф., Кочергина О.С., - Казань: 2014. - 48 с.

RESEARCH OF THE PROCESS OF ENZYMATIC HYDROLYSIS OF SUPPORT-FRAME AND COVERING TISSUES OF HYDROBIONTS USING DIFFERENT ENZYMES

¹Orlov Igor Olegovich, graduate student

²Zemljakova Evgeniya Sergeevna, PhD in Engineering, associate professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹igor.orlov.workmail@gmail.com; ²evgeniya.zemljakova@klgtu.ru

The article provides a comparative assessment of the work of enzyme preparations: papain (manufactured by Aromarti, Russia), alkalase (manufactured by Animox, Germany) and collagenase II (manufactured by PanEko, Russia) when they are used in the process of hydrolysis of supporting-frame and integumentary tissues of aquatic organisms in order to obtain a complex of chondroprotective substances for the creation of functional food products based on them.

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ФУКОИДАНОВ И ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ ИЗ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

¹Подкорытова Антонина Владимировна, д-р техн. наук, профессор
Рощина Анна Николаевна, главный специалист
Котельникова Лилия Хаматовна, канд. техн. наук

ФГБНУ «ВНИРО», Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, г. Москва, Россия, e-mail: ¹podkor@vniro.ru

*Представлены данные о биологической активности экстрактивных компонентов бурых водорослей порядка *Fucales* (*A. nodosum*, *F. vesiculosus*, *F. distichus*) и порядка *Laminariales* (*S. latissima*), произрастающих в Белом море. Разработан способ последовательного экстрагирования из них в одном технологическом процессе фукоидансодержащих экстрактов и энтеросорбентов (альгинатов). Показано, что наиболее активный энтеросорбент – это альгинат кальция, являющийся полноценным источником кальция. На основании результатов исследований разработана технологическая схема получения фукоидансодержащих экстрактов и энтеросорбентов из бурых водорослей порядка *Fucales*.*

Введение

Моря Северного рыбохозяйственного бассейна характеризуются разнообразием бурых водорослей-макрофитов, продуцирующих значительную по объёму, ежегодно возобновляемую полезную биомассу. В Белом и Баренцевом морях сосредоточены промысловые запасы ламинариевых водорослей: *Saccharina latissima*, *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea* и *Alaria esculenta* и фукусовых: *Fucus vesiculosus*, *Fucus distichus*, *Fucus serratus*, *Ascophyllum nodosum*. В Белом море фукусы собирают как штормовые выбросы, так и на литорали после отлива. Наиболее востребованными коммерческими фукусовыми водорослями считаются *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* [1, 2, 3, 4, 5]. Фукусовые водоросли (порядок *Fucales*) уникальны по своему химическому составу. Они содержат широкий спектр биологически активных веществ (БАВ), таких как маннит, альгиновая кислота, ламинаран, фукоидан, полифенолы, азотсодержащие вещества (белок), минеральные вещества, йод и клетчатку, а также комплекс витаминов [6]. В настоящее время особое значение придается фукоиданам и полифенолам бурых водорослей. Полифенолы обладают высокой антиоксидантной активностью, противомикробным действием. Они ингибируют рост большого числа микроорганизмов, включая *Escherichia coli*, *Streptococcus pyogenes*, *Brucella melitensis*, *Salmonella typhosa*, *Aerobacter aerogenes*, *Proteus vulgaris*. Высокая степень биологической активности полифенольных соединений обуславливает перспективность практического их применения в качестве антиоксидантных и антимикробных средств в пищевой отрасли, а также медицине и фармакологии и при производстве лечебных, косметических и профилактических продуктов. Ранее проведёнными исследованиями было показано, что бурые водоросли Белого и Баренцева морей являются безопасными по микробиологическим показателям и содержанию токсичных элементов, а места сбора экологически чистыми. В настоящее время запасы водорослей этого промыслового района, в том числе фукусовых, недоиспользуются, хотя получено немало сведений о содержащихся в них БАВ и их уникальных свойствах [7, 8, 9]. Фукусы содержат в своем составе комплекс БАВ, обладающих определенными биологическими свойствами, такими как детоксикационные, антикоагулянтные, антимикробные, противовирусные, антиоксидантные, противовоспалительные иммуномодулирующие и др. Все эти свойства характерны для полисахаридов бурых водорослей - альгиновой кислоты и фукоидана. При этом фукусы содержат фукоидана в полтора-, два раза больше, чем ламинарии и, следовательно, более пригодны для получения этого биологически активного полисахарида. Фукоиданы

– это сложные сульфатированные полисахариды, главным моносахаридным компонентом которых является L-фукоза. Кроме фукозы в состав фукоидана входят ксилоза, манноза, глюкоза, галактоза и другие моносахариды (рисунок 1). Фукоиданы хорошо экстрагируются водой и в слабокислых водных растворах.

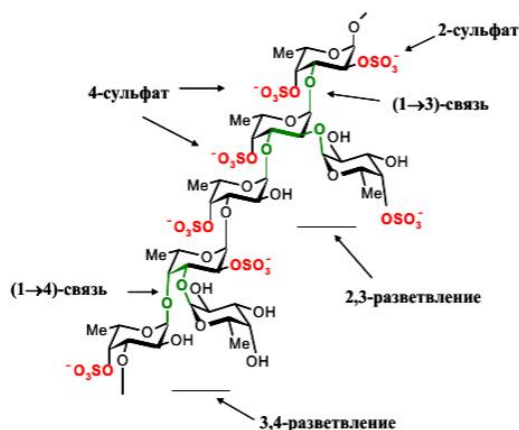


Рис. 1. Строение (структура) фукоидана [10]

Как уже упоминалось, эти полисахариды обладают разнообразными биологическими активностями и вполне уже доказано, что терапевтический потенциал фукоиданов увеличивается с увеличением степени их сульфатирования. При этом большое значение придаётся полифенолам, которые экстрагируются в водной и подкисленной среде вместе с фукоиданом и усиливают его свойства [10, 11, 12].

Альгиновая кислота и её соли являются природными ионообменниками и способны избирательно адсорбировать тяжёлые металлы и радионуклиды. К настоящему времени известно, что БАВ бурых водорослей извлекаются растворителями различной природы и могут быть экстрагированы при различных водородных показателях водной среды.

Поэтому целью данной работы являлось изучение некоторых бурых водорослей Белого моря, как сырья пригодного для получения фукоидана и энтеросорбентов (альгиновой кислоты или её солей – альгинатов) в одном технологическом цикле.

Объекты и методы исследований

Нами были изучены бурые водоросли порядка Fucales (*A. nodosum*, *F. vesiculosus*, *F. distichus*) и порядка Laminariales (*S. latissima*), собранные на литорали Белого моря (Кемский район) во время отлива в летний период 2020 г., а также экстракты, полученные из них. В месте сбора фукусковые водоросли были промыты в морской воде и высушены в естественных условиях, упакованы и транспортированы в лабораторию ФГБНУ «ВНИРО». Экстрагирование растворимых БАВ из измельченных водорослей осуществляли в лабораторных условиях и изучали в соответствии с общепринятыми методами по ГОСТ 31413-2010, ГОСТ 33335-2015, ГОСТ 26185-84 и по методикам, изложенным в МУК [13]. Содержание макро- и микроэлементов проводили в ООО «Микронутриенты» методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой МС-ИСП и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой АЭС-ИСП на квадрупольном масс-спектрофотометре Nexion 300D и атомно-эмиссионном спектрофотометре Optima 2000 DV (Perkin Elmer, США). Моносахаридный состав экстрактов определяли методом газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ) после полного кислотного гидролиза. ГЖХ проводили на хроматографе Hewlett-Packard 5890A, снабженном пламенно-ионизационным детектором и интегралом 3393A, с использованием капиллярной колонки HP Ultra-2 в токе азота при градиенте температуры от 160 °С до 290 °С со скоростью 7 /мин. Для кислотного гидролиза к навескам сухого препарата (20-30 г) приливали 1мл 2 М трифторуксусной кислоты, содержащей мио-ионизит (1,0 мг/мл), нагревали 8 ч при 100 С, кислоту отгоняли в вакууме с этанолом. Перевод освобожденных нейтральных моносахаридов в ацетаты полиолов и количественный анализ методом ГЖХ проводили [10].

Результаты исследований

Физико-химическая характеристика сушёной биомассы бурых водорослей представлена в таблице 1. По показателям безопасности исследуемые объекты соответствуют установленным предельно допустимым нормам согласно ТР ЕАЭС 040/2016 и ТР ТС 021/2011.

Таблица 1

Физико-химическая характеристика сушёной биомассы бурых водорослей Белого моря

Наименование компонента, единицы измерения		Водоросли			
		<i>A. nodosum</i>	<i>F. vesiculosus</i>	<i>F. distichus</i>	<i>S. latissima</i>
Химический состав					
Белок (N _{общ.} х6,25)		7,11	8,87	8,16	9,05
Липиды		2,94	3,12	1,36	2,5
Общее содержание	минеральных в-в	17,95	20,24	17,83	16,2
	суммы орган. в-в	82,05	79,76	82,17	83,80
	в т. ч. углеводов	65,40	59,27	66,65	72,25
Физические свойства					
Коэффициент гидратации (КГ)		4,11	4,71	4,73	7,0
Набухаемость, %		180	200	200	250
ВСС, г воды на 1 г сух. в-в водорослей		8,6	8,5	8,1	-
Примечание: ВСС - водосвязывающая способность					

Результаты исследований физико-химической характеристики бурых водорослей порядка *Fucales*, добытых в Белом море свидетельствуют об их физиологической ценности (таблица 1). *A. nodosum*, *F. vesiculosus*, и *S. latissima* содержат комплекс БАВ, свойственных этим видам. Наибольшим содержанием альгинатов среди фукусов отличается *A. nodosum*. При этом фукусовые водоросли содержат намного больше фукоидана по сравнению с ламинариевыми, что характеризует их как полноценный источник этого биоактивного компонента. Ламинарана больше всего содержится в *Saccharina latissima* (таблица 2) и в связи с этим экстракт из неё может характеризоваться более высокой активностью по этому полисахариду [16].

Результаты исследований технологического показателя коэффициента гидратации (КГ) (таблица 1), показали, что в процессе восстановления в воде при заданных условиях кусочки воздушно-сухих водорослей набухают за 4 ч, имеют плотную консистенцию и цвет от тёмно-зелёного до тёмно-оливкового. Для всех видов фукусов КГ находится в одинаковых пределах (4-5), что свойственно данному виду сырья. И этот показатель характеризует минимальное количество воды, которое может быть затрачено на их восстановление. Для экстракции БАВ количество экстрагента должно быть увеличено в два – три раза.

Сухое вещество фукусовых водорослей состоит из минеральных и органических веществ. Состав органических веществ представлен углеводами, белками, липидами. Количественный состав углеводов представлен в таблице 2.

Таблица 2

Состав углеводов биомассы бурых водорослей Белого моря

Компонент	Содержание, % к сухому веществу		
	<i>A. nodosum</i>	<i>F. vesiculosus</i>	<i>S. latissima</i>
Альгиновая кислота	24,42	18,94	21,2
Фукоидан	10,40	13,20	2,4
Маннит	6,74	8,20	22,1
Ламинаран	1,60	1,80	11,6
Клетчатка	4,8-6,6*	6,4,-8,7*	7,5
Примечание: * - данные из [6]			

Из общего количества углеводов наибольшая доля приходится на альгиновую кислоту. В *A. nodosum* содержится альгиновой кислоты значительно больше, чем в *F. vesiculosus*. Отмечено довольно высокое содержание фукоидана. Содержание ламинарана практически одинаковое. Колебания в содержании маннита незначительны. Полученные данные свидетельствуют о возможности получения из фукусов солей альгиновой кислоты – альгинатов, которые являются высокоэффективными энтеросорбентами, а также фукоиданов, которые обладают широким спектром лечебно-профилактических эффектов.

Минеральные вещества фукусов (таблица 3) - это макро- и микроэлементы, такие как кальций, натрий, калий, магний, кальций, хром, селен, медь, йод и др. Они являются жизненно необходимыми для нормальной жизнедеятельности человека. Значительная часть этих микро- и макроэлементов и йод экстрагируются из водорослей водой в слабокислой и некоторая часть - в слабощелочной среде.

Таблица 3

Микро- и макроэлементный состав сушёной биомассы бурых водорослей Белого моря

Элемент	Содержание, мг/100 г продукта			
	<i>A. nodosum</i>	<i>F. vesiculosus</i>	<i>F. distichus</i>	<i>S. latissima</i>
Кальций	1219,1	1508,1	961,1	272,4
Калий	1620,2	3013	3535,1	1760
Магний	523,2	950	651,7	561,8
Железо	31,2	88,9	85,2	24,4
Марганец	2,62	1,62	1,88	9,84
Медь	0,23	0,21	1,42	1,35
Цинк,	5,05	2,17	7,76	12,8
Йод	9,25	24,6	8,09	200,0

Из представленных данных минерального состава видно, что все эти водоросли характеризуются высоким содержанием данных минералов и йода.

В исследуемых образцах фукусов аминокислотный состав белка (АКС) характеризуется полным набором незаменимых (НЗАК) и заменимых (ЗАК) аминокислот. Среди аминокислот, определяемых после гидролиза биомассы водорослей, преобладающими являются глутаминовая кислота и аспарагиновая кислота. Доминирующее их количество отмечено для *F. vesiculosus* 1260 мг/100 г и 0,91 мг/100 г соответственно. Примерно одинаковое количество глутаминовой кислоты отмечено для *F. distichus* около 1000 мг/100 г. и для аспарагиновой кислоты - 600 мг/100 г. Количество НЗАК, содержащихся в протеинах фукусов, не велико – лизина, валина, метионина, фенилаланина, лейцина (содержится от 0,07 до 0,54 г/100 г). Стоит отметить, что присутствие этих АК даже в таких микро-количествах является вполне достаточным для рекомендации их употребления в качестве пищевого продукта как источника аминокислот. В состав протеинов фукусов входят и свободные аминокислоты, которые экстрагируются водой и в слабощелочных водных растворах [14, 15].

Таким образом, значительная часть биоактивных веществ, содержащихся в исследуемых водорослях, находится в растворимом в воде состоянии. В связи с этим, применяя способ последовательного их извлечения из водорослей, мы провели экстракцию водорастворимых компонентов в условиях, максимально сохраняющих качество альгината, главным образом, его молекулярную массу. Экстракты водорастворимых БАВ получали при pH 3-5, экстрагировали в течение 60 мин при температуре 35±3⁰С. Экстракты сливали, центрифугировали в течение 20 мин при 6000 об/мин. Помещали в колбы с притертыми пробками, хранили до анализа при температуре от 0 до минус 3-4⁰С.

Экстракты, полученные из *A. nodosum*, *F. vesiculosus* и *S. latissima* - это жидкости от соломенного до темно-бежевого цвета, в зависимости от вида водоросли, сладковато-солончатого вкуса и карамельно-грибного запаха. Из экстрактов методом лиофилизации изготовлены сублимированные порошки. Выход их составил: из *A. nodosum* – 12,5%; *F. vesiculosus* – 9,3%; *S. latissima* – 10,4%. Химический состав экстрактов представлен в таблице 4.

Таблица 4

Химический состав экстрактов из бурых водорослей Белого моря

ВЭ из	Содержание, % сухого вещества						
	минеральных веществ	белка (N _{общ.} ×6,25)	маннита	фукоидана	ламинарана	альгината	йода
<i>F. vesiculosus</i>	39,0	4,5	15,7	8,7	6,1	3,0	0,01
<i>A. nodosum</i>	35,1	5,4	12,5	9,6	6,0	3,0	0,02
<i>S. latissima</i>	36,6	6,8	23,6	2,1	17,7	3,9	0,1

Экстракты из фукусовых водорослей в значительном количестве содержат фукоидан, ламинан, альгинат, растворимые в воде протеины, а также минеральные микроэлементы и маннит. Со-

держание йода колеблется от 0,01 до 0,02% в расчете на сухое вещество. Экстракты из ламинариевых водорослей содержат заметно меньше фукоидана, но больше маннита и, более остальных экстрактов, содержит йода. Экстракт из *S. latissima*, как и ожидали, отличается высоким содержанием ламинарана. Исследования моносахаридного состава экстрактов показали, что экстракты из *F. vesiculosus* и *A. nodosum* содержат фукозу, ксилозу, маннозу, глюкозу и галактозу (таблица 5).

Таблица 5

Состав и содержание моносахаридов в экстрактах из бурых водорослей Белого моря

ВЭ из	Содержание, % в расчете на сухое вещество					
	Фукоза	Ксилоза	Манноза	Глюкоза	Галактоза	Сумма
<i>F. vesiculosus</i>	1,7	0,3	25,7	8,1	0,2	36,1
<i>A. nodosum</i>	2,8	0,1	22,5	6,0	0,2	31,5
<i>S. latissima</i>	0,97	-	53,6	17,7	0,39	72,7

После получения водорастворимых экстрактивных веществ, водорослевый остаток направляли на экстракцию альгинатов при pH 8,5-9,0 (Na₂CO₃), температуре 60-80⁰С в течение 4 ч. Водорослевую массу разбавляли горячей дистиллированной водой, перемешивали, очищали от крупнодисперсных примесей, затем центрифугировали в течение 20 мин при 6000 об/мин. Очищенный альгинатный экстракт сливали в ёмкости, охлаждали до температуры 10-12⁰С, затем осаждали альгиновую кислоту. Выход альгиновой кислоты составил: из *A. nodosum* - 30,15%, из *F. vesiculosus* - 9,0% и из *F. distichus* - 8,9% в расчете на сухое вещество. Следует отметить, что из альгинатного экстракта также можно получать не только альгиновую кислоту, но и другие формы альгинатов с различным катионным составом, являющиеся активными энтеросорбентами. Наиболее активный из них как энтеросорбент – это альгинат кальция к тому же он является полноценным источником кальция [17, 18]. Однако опубликованные данные о проведённых исследованиях по сорбции стронция и иттрия альгинатом натрия в сравнении с полифепаном, микроцеллюлозой и активированным углем показали, что альгинат натрия оказался наиболее эффективным сорбентом из всех исследованных образцов и был рекомендован для использования его при создании высокоэффективных радиопротекторов [19].

Выводы

На основании проведённых исследований и с учетом данных научной литературы разработаны технологическая схема и способ получения фукоидансодержащих экстрактов и альгинатов (энтеросорбентов) из фукусовых водорослей Белого моря.

Полученные данные свидетельствуют о том, что применение данного способа с описанными режимами позволяет в одном технологическом цикле получать как биологически активные вещества фукусов - фукоиданы, так и альгинаты – эффективные энтеросорбенты.

Очищенные от примесей и сконцентрированные экстракты, а также выделенные химически чистые компоненты фукуса могут быть использованы при создании БАД и СПП – специализированных пищевых продуктов для поддержания здоровья человека, в качестве пищевых добавок, основы или компонентов лекарственных средств, а также в составе разнообразных косметических средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова Е.И. Водоросли-макрофиты и травы морей европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура). – М.: Изд-во ВНИРО, 2007. – 114 с.
2. Сырцевая база российского рыболовства в 2012 году: Районы российской юрисдикции / Глубоковский М.К., Тарасюк С.Н., Зверькова Л.М., Семеняк Л.В., Мурзов Н.Н., Петрова Н.В., Бражник С.Ю., Скакун В.А.// Справ.-анал. материалы. – М.: Изд-во ВНИРО, 2012. – С. 332-333.
3. Евсеева Н.В. Структура фитоценозов и динамика ценопопуляций фукусовых водорослей на литорали западного Мурмана // Биоразнообразие и устойчивость живых систем: тезисы XIII Междунар. науч.-практ. экологической конф. - Белгород: ИД «Белгород» НИУ БелГУ, 2014. – С. 91-92.

4. Пронина О.А. К вопросу оценки состояния запасов промысловых водорослей Белого моря и перспективы их использования // Материалы первой международной научно-практической конференции. Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки. - 2002. - С. 88-95.
5. Бокова Е.М., Титов В.М. Сырьевые и производственные проблемы Архангельского водорослевого комбината // Материалы первой международной научно-практической конференции. Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки. 2002. - С. 110-116.
6. Репина О.И. Обоснование и разработка технологии биологически активных веществ из фукусовых водорослей Белого моря. Автореф. дис. канд. техн. наук. – М.: ВНИРО, 2005. - с. 24.
7. Боголицын К.Г. Полифенолы бурых водорослей / К.Г. Боголицын, А.С. Дружинина, Д.В. Овчинников, П.А. Каплицин, Е.В. Шульгина, А.Э. Паршина //Химия растительного сырья, 2018. - №3. - С. 5–2.
8. Подкорытова А.В. Санитарно-гигиеническая характеристика бурых водорослей Белого и Баренцева морей / А.В. Подкорытова, Л.Х. Вафина, Е.А. Муравьева, З.Н. Шарина // РЫБПРОМ №4, 2009. - С. 33-39.
9. Obluchinskaya E.D., Pozharitskaya O.N., Zakharova, L.V., Daurtseva A.V., Flisyuk E.V., Shikov A.N. Efficacy of natural deep eutectic solvents for extraction of hydrophilic and lipophilic compounds from *Fucus vesiculosus* // Molecules №14, - 2021. Т. 26. - С. 4198
10. Bilan, M.I.; Grachev, A.A.; Ustuzhanina, N.E.; Shashkov, A.S.; Nifantiev, N.E.; Usov, A.I. A highly regular fraction of a fucoidan from the brown seaweed *Fucus distichus* L. Carbohydr. Res. 2004, 339, 511–517.
11. Kordjazi M., Etemadian Y., Shabanpour B., Pourashouri P. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of fucoidan extracted from two species of brown seaweeds (*Sargassum ilicifolium* and *S.angustifolium*) around Qeshm Island//Iranian Journal of Fisheries Sciences. 2019. – P. 18(3) 457-475.
12. Аминина Н.М. Перспективы использования промысловых и потенциально промысловых бурых водорослей дальневосточных морей в качестве источника полифенолов / Н.М. Аминина, Т.И. Вишневецкая, Е.Н. Караулова, В.П. Елур, Е.В. Якуш // БИОЛОГИЯ МОРЯ, 2020, Т. 46, № 1, с. 37-44.
13. Подкорытова А.В., Кадникова И.А. Качество, безопасность и методы анализа продуктов из гидробионтов // Руководство по современным методам исследований морских водорослей, трав и продуктов их переработки. Вып. 3., 2009. – М.: ВНИРО, - 108 с.
14. Клиндух М.П., Облучинская Е.Д. Сравнительное изучение свободных аминокислот бурой водоросли *Fucus vesiculosus* Linnaeus, 1753 литорали мурманского берега Баренцева моря / Биология моря. 2018. Т. 44. №3. - С. 200-206.
15. Репина О.И., Муравьева Е.А., Подкорытова А.В. Динамика химического состава промысловых бурых водорослей Белого моря / Прикладная биохимия и технология гидробионтов: Труды ВНИРО. – М.: Изд-во ВНИРО, 2004. Т.143. -С.93-100.
16. Звягинцева Т.Н., Беседнова Н.Н., Елякова Л.А. Структура и иммуностропное действие 1,3; 1,6- β- D- глюкоанов. - Владивосток. 2002.- Изд-во: Дальнаука. - 150 с.
17. Савченко О.В. Выведение тяжёлых металлов из организма с помощью энтеросорбента на основе альгината кальция // Экология человека, 2014. - №8. – С. 20-24.
18. Подкорытова А.В. Функциональные свойства альгинатов и их использование в лечебно-профилактическом питании / А.В. Подкорытова, Н.М. Аминина, М.М. Левачёв, В.А. Мирошниченко // Научно-практический журнал. Вопросы питания № 3. – М: Издатель: Акционерное общество «Нутритек», 1998. – С. 26-29.
19. Хожаенко Е.В. Сравнительная эффективность альгината натрия и препаратов-энтеросорбентов по связыванию ионов стронция и иттрия in vitro // Тихоокеанский медицинский журнал, 2010. - №2. – С.48-50.

SCIENTIFIC AND PRACTICAL BASIS OF THE SEQUENTIAL EXTRACTION OF FUKOIDANS AND ENTEROSORBENTS FROM BROWN ALGAE

¹Podkorytova Antonina Vladimirovna, Dr. of Tech. Sc., Professor
Roshchina Anna Nikolaevna, Chief Specialist
Kotelnikova Lilia Khamatovna, PhD in Tech. Sc.

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia,
e-mail: ¹podkor@vniro.ru

Data on the biological activity of the extractive components of brown algae from the order Fucales (A. nodosum, F. vesiculosus, F. distichus) and the order Laminariales (S. latissima) growing in the White Sea are presented. The method of sequential extraction from them in one technological process of fucoidean-containing extracts and enterosorbents (alginates) was developed. It has been shown that the most active enterosorbent – calcium alginate, which is a complete source of calcium. Based on the research results, a technological scheme for obtaining fucoidean-containing extracts and enterosorbents from brown algae of the order Fucales has been developed.

УДК 664.664.9

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОГАЩЕНИЮ РЖАНО-ПШЕНИЧНЫХ ХЛЕБЦЕВ РЫБНЫМ И МОЛОЧНЫМ СЫРЬЕМ

Позднякова Дарья Александровна, магистрант кафедры пищевой биотехнологии
¹Ключко Наталия Юрьевна, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹natalya.kluchko@klgtu.ru

Представлены маркетинговые исследования по опросу школьников 15–16 лет для определения сбалансированности их рациона питания, вкусовым предпочтениям. Показана актуальность использования рыбного и молочного сырья при обогащении хлебобулочных изделий. Определены основные показатели качества экспериментальных образцов хлебцев из ржано-пшеничной муки повышенной биологической ценности. Доказана целесообразность введения рыбного сырья для повышения биологической ценности продукта.

Введение

В последние годы все больше внимание специалистов обращено на недостаточное и несбалансированное питание детей школьного возраста [1]. Важнейшим составляющим в рационе школьников является белок, ответственный за рост, нормальное психическое и физическое развитие [2, 6]. При его недостатке снижается иммунитет, успеваемость в учебе, трудоспособность при любых физических нагрузках.

Еще одним важным элементом в питании детей школьного возраста, на который следует обратить внимание – кальций, необходимый для роста и развития костной ткани [2, 6].

Одним из актуальных направлений обогащения продукции для школьников являются хлебобулочные изделия (ХБИ) [5]. Они являются продуктом массового потребления, присутствуют в суточном рационе практически каждой семьи, являются удобным перекусом у многих школьников во время учебного дня.

В рамках маркетингового исследования был проведен опрос школьников в возрасте 15-16 лет показавший, что рацион большого количества школьников недостаточно сбалансирован. Так, только 45% и 20% подростков питаются соответственно 3 и 4 раза в день, 32% - 1-2 раза в день, что не очень хорошо для растущего организма (рис. 1).



Рис. 1. Суточный рацион школьников

При этом опрос еще раз подтвердил, что хлеб является продуктом ежедневного потребления: примерно половина опрошенных школьников (48%) употребляют его каждый день, 42% - редко, 10% - не употребляют вообще (рис.2). Респонденты наиболее часто употребляют ХБИ из пшеничной (25%) и смеси ржаной и пшеничной муки (27%). Данные представлены на рис.3.



Рис.2. Частота употребления хлебобулочных изделий



Рис. 3. Предпочтительные виды хлебобулочных изделий в рационе школьников

Для повышения биологической ценности ХБИ используют добавки различного происхождения: животного (молоко, молочную пахту или сыворотку) и растительного (соевая, гороховая и другие виды муки, шрот масличных культур, концентраты и изоляты белков сои, рапса, подсолнечника, арахиса, кунжута, фасоли, картофелепродукты и др). При этом рыба как источник полноценного белка, кальция и других физиологически полезных веществ при производстве ХБИ применяется крайне редко [3, 4]. В связи с этим актуальным представляется проведение исследований по совершенствованию технологии хлебцев путем введения в их состав компонентов рыбы.

1.1 Объекты и методы исследования

Для изготовления экспериментальных образцов ХБИ повышенной биологической ценности использовали в качестве обогащающего компонента тушки трески балтийской согласно ГОСТ 2366-2013 «Рыба мороженая. Технические условия» и сыворотку ГОСТ Р 53438-2009 «Сыворотка молочная. Технические условия».

В качестве основного сырья использовали муку пшеничную высшего сорта ГОСТ 26574-2017 «Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия» и муку ржаную обдирную ГОСТ 7045-2017 «Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия».

Органолептические показатели оценивали в готовой продукции по специально разработанной шкале. Физико-химические показатели хлебцев: вода, белок, жир, минеральные вещества, кислотность были исследованы стандартными и общепринятыми методами. Энергетическая ценность определялась расчетным путем.

Оценка биологической ценности белков выполнялась с помощью вычислений дополнительных показателей, которые учитывают состав незаменимых аминокислот, а также эффективность их использования в организме.

Для статистической обработки экспериментальных данных использовали стандартные методы статистического анализа.

1.2 Результаты исследований

Сущность разработанного технологического решения, предложенного на кафедре пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «КГТУ», заключается в следующем. Для приготовления обогащенных хлебцев в качестве базовой использовали рецептуру ХБИ из смеси ржано-пшеничной муки. В состав теста, помимо традиционных ингредиентов, вводили гидролизат рыбного белка, полученный путем выдерживания в течение заданного времени в подсырной молочной сыворотке измельченной тушки трески. Кислотно-ферментативный гидролиз позволяет размягчить костную и мышечную ткань рыбы, привести к накоплению низкомолекулярных продуктов - пептидов и аминокислот. Далее тесто тщательно вымешивали, формовали и порционировали, затем хлебцы выпекали при 180-200⁰С до достижения готовности.

Треска балтийская была выбрана в качестве объекта исследования как рыба с достаточно высоким содержанием белка (16,3%), минеральных веществ (2,3%) и низким – жира (1,55%) [3, 4]. Анализ литературных данных показал, что позвоночные и реберные кости рыбы содержат 1290 мг кальция и 86- мг фосфора, мышечная ткань характеризуется адекватностью набора и соотношением незаменимых аминокислот эталону, что является значимым показателем биологической ценности.

Для исследованных образцов готового продукта, приготовленных по полученным оптимальным параметрам в результате математического планирования эксперимента, была проведена дегустация по специально разработанной шкале с учётом коэффициентов весомости отдельных показателей для определения органолептических свойств продукта, результаты представлены в таблице 1, внешний вид образцов – на рисунке 3.

Таблица 1

Органолептические показатели качества ржано-пшеничных хлебцев повышенной биологической ценности

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид: Форма Поверхность	Форма правильная соответствующая данному виду, без вмятин, с ровными краями Гладкая, без вздутий и трещин допускаются отпечатки сетки на нижней поверхности
Цвет	Равномерный от светло-серого до светло-коричневого
Состояние мякиша	Изделия хорошо разрыхленные, пропеченные, с равномерной структурой, без признаков непромеса
Вкус	Приятный, свойственный данному виду изделия, с не ярко выраженным вкусом рыбы
Запах	Приятный, свойственный данному виду изделия, с не ярко выраженным ароматом рыбы



Рис.3. Экспериментальные образцы хлебобулочных изделий повышенной биологической ценности

Органолептическая оценка качества экспериментальных образцов показала, что добавление рыбного белкового гидролизата не оказывает существенного влияния на вкус и запах конечного продукта. Хлебцы имели приятные потребительские свойства: светло-коричневого цвета, хорошо пропечённые, с выраженным хлебным вкусом с легкими, не ярко выраженными оттенками рыбы во вкусе и аромате.

Экспериментальные данные по изучению физико-химических показателей качества ржано-пшеничных хлебцев представлены в таблице 2. Результаты исследований показали увеличение содержания белка (на 28%) и минеральных веществ (на 30%) в обогащённой продукции по сравнению с контрольной. Снижение количества жира в продукте (на 36,5%) положительно повлияет на храноспособность продукта.

Таблица 2

Физико-химические показатели качества ржано-пшеничных хлебцев

Наименование показателя	Наименование образца	
	Хлебцы ржано-пшеничные (контрольные образцы)	Хлебцы ржано-пшеничные повышенной биологической ценности (экспериментальные образцы)
Массовая доля влаги, %	32±2	
Массовая доля белка (в пересчете на сух. в-во), %	7,08	9,07
Массовая доля жира (в пересчете на сух. в-во), %	0,74	0,47
Массовая доля углеводов (в пересчете на сух. в-во), %*	39,2	32,70
Массовая доля минеральных веществ (в пересчете на сух. в-во), %	0,94	1,22
Кислотность	0,1	0,1
Энергетическая ценность продукта, ккал*	275	263

Примечание: * данные получены расчетным методом;

В таблице 3 представлены результаты сравнительного анализа аминокислотного (АК) сора экспериментальных и контрольных образцов. Из данных таблицы видно, что белок обогащенных хлебцев более сбалансирован по составу. Показатель биологической ценности (БЦ) белка равен 124%, что также характеризует его сбалансированность. Коэффициент утилитарности АК возрос при добавлении в стандартную рецептуру хлебцев рыбного и молочного сырья, что свидетельствует о целесообразности его введения в рецептуру для обогащения продукта полноценным животным белком, который так необходим для растущего организма.

Расчетные показатели аминокислотного сора экспериментальных и контрольных образцов

Незаменимая АК	Содержание АК в белке «эталонона» ФАО/ВОЗ г/100г	Наименование образца			
		Хлебцы ржано-пшеничные (контрольные образцы)		Хлебцы ржано-пшеничные (контрольные образцы)	
		Содержание АК, г/100г белка	АК скор,%	Содержание АК, г/100г белка	АК скор,%
Валин	4,00	3,15	78,75	4,90	122,50
Изолейцин + лейцин	9,10	8,96	98,40	12,24	134,50
Лизин	4,80	1,68	35,00	3,78	78,75
Метионин + цистин	2,30	0,98	42,61	3,08	133,91
Треонин	2,50	2,10	84,00	2,60	104,00
Триптофан	0,60	0,91	151,6	1,01	168,33
Фенилаланин + тирозин	4,10	4,06	99,00	4,86	118,5
Сумма:	27,40	21,84		32,47	
БЦ,%		84,19		124,37	
Коэффициент утилитарности АК состава, дол. ед.		0,44		0,66	

Заключение

Проведенный опрос подростков 15-16 лет показал, что достаточно большое их количество (48%) ежедневно употребляют хлеб и хлебобулочные изделия, поэтому целесообразно обогащать и расширять ассортимент именно этой продукции.

Показано, что современные школьники недостаточно употребляют рыбную продукцию, недополучая полноценный белок и кальций, необходимый для растущего организма. Проведенные исследования по совершенствованию рецептуры ржано-пшеничных хлебцев путем введения в состав гидролизованного в молочной сыворотке рыбного сырья (мышечная ткань, покровные и опорно-каркасные ткани) показали целесообразность и перспективность исследования: методом математического планирования эксперимента определены оптимальные параметры процесса степень измельчения рыбы 2 раза и время гидролиза рыбо-молочного сырья 4 часа, произведена пробная выпечка продукции, которая показала отличные органолептические показатели, произведен расчет биологической ценности продукции, показавший более высокие значения АК сора, БЦ и коэффициента утилитарности АК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безруких, М.М. Методические рекомендации по формированию культуры здорового питания обучающихся, воспитанников / М.М. Безруких, Т.А. Филипповой, А.Г. Макеевой. - М., 2012. - 63 с.
2. Георгиева, О.В. Руководство по детскому питанию : руководство / О. В. Георгиева, М. В. Гмошинская, С. Н. Денисова [и др.]; под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Коня. - М.: МИА, 2004. - 662 с.
3. Ключко, Н.Ю. О возможности использования продуктов гидролиза коллагена гидробионтов в технологии хлебобулочных изделий / Н.Ю. Ключко, Н.А. Ключко, Д.А. Позднякова, И.Р. Ромазяева // Наука и Образование: научный рецензируемый электронный журнал. – Мичуринск, 2021. - № 4(2). – 8 с. <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/3381>
4. Краскова, Т.В. Рулева, Т.Н. Разработка научно-практической основы технологической переработки субпродуктов рыб балтийского бассейна. Часть 1. Групповая классификация, особенности технохимического состава и ключевые показатели пищевой ценности субпродуктов // Труды АтлантНИРО.2018.Том. 2, №2. Калининград: АтлантНИРО. С. 151-174
5. Тутельян, В.А. Научные основы здорового питания / Тутельян, В.А. – М.: Панорама, 2010. – 816 с.

6. Тутельян, В.А. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 / В.А. Тутельян, А.К. Батурич, М.Г. Гаппаров и др. - М., 2009. - 36 с.

RESEARCH ON THE ENRICHMENT OF RYE-WHEAT BREAD WITH FISH AND DAIRY RAW MATERIALS

Pozdnyakova Darya Aleksandrovna, Master student; Department of food biotechnology
¹Klyuchko Natalia, Associate Professor, PhD in Engineering; Department of food biotechnology

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: ¹natalya.kluchko@klgtu.ru

The article presents marketing research based on a survey of schoolchildren aged 15–16 years to determine the balance of their diet, taste preferences. The relevance of the use of fish and dairy raw materials in the enrichment of bakery products is shown. The main quality indicators of experimental samples of rye-wheat flour loaves of increased biological value are determined. The expediency of introducing fish raw materials to increase the biological value of the product is proved.

УДК 664.951.2

БИОРЕГУЛЯТОРЫ ПРОТЕОЛИЗА И ОКИСЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ СОЛЕНОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ САРДИНЫ ТИХООКЕАНСКОЙ

Полещук Виктория Игоревна, ассистент, аспирант
Слуцкая Татьяна Ноевна, д-р техн. наук, профессор
¹Максимова Светлана Николаевна, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», Владивосток, Россия, e-mail: ¹maxsvet61@mail.ru.

Представлены результаты научных исследований по определению потенциала биорегуляторов протеолиза и окисления при производстве соленой продукции из сардины тихоокеанской (иваси). В качестве биорегуляторов исследованы растительные ингибиторы (картофельный и из рисовой половины), а также биополимер хитозан. Установлено эффективное влияние растительных ингибиторов и хитозана на созревание соленой рыбы, окислительные и микробиологические процессы, происходящие в технологии, и стойкость готовой продукции в хранении.

За последние 4 года на Дальнем Востоке России объем добычи сардины тихоокеанской (иваси) вырос с 5,6 тыс.т в 2016 году до 304,1 тыс.т в 2020 [1]. В настоящее время в России выловленную сардину традиционно используют для производства соленой продукции (ГОСТ 34064-2017), консервированной (ГОСТ 7452-2014) и копченой (ГОСТ 813-2002), из мелкой рыбы получают кормовую и техническую продукцию. Сардина тихоокеанская является объектом, требующим особых технологических параметров при изготовлении из нее пищевых и, в частности, соленых продуктов. Это объясняется высокой активностью протеолитических ферментов как мышечной ткани, так и внутренностей. Значительную роль в протеолитических процессах, которые являются причиной быстрого перезревания и нарушении структуры мышечной ткани играет высокая активность катепсина Д сардины, который, как предполагается, является пусковым механизмом протеолиза [2], участвуя в регуляции клеточных функций [3]. Известно, что протеолитические ферменты

рыб по своим свойствам близки к трипсину и химотрипсину млекопитающих [4]. В связи с этим было изучено влияние некоторых природных ингибиторов трипсина и химотрипсина на протеолиз мышечных белков тихоокеанской сардины под действием ферментов, содержащихся в пищеварительных органах этой рыбы.

Ингибиторы протеолитических ферментов представляют собой группу соединений белковой природы, обладающих способностью образовывать комплексы белок-белок с протеиназами, что приводит к подавлению их протеолитической активности. За счет сходства структурных компонентов ингибиторы протеназ растительной природы подразделяются на несколько групп:

- соевые ингибиторы трипсина (ингибиторы Кунитца, ST1);
- соевые ингибиторы Баумана-Бирка (BB1);
- картофельные ингибиторы 1;
- картофельные ингибиторы 2;
- ингибиторы трипсина / α – амилазы из злаковых;
- тыквенные ингибиторы.

Белковые ингибиторы, полученные из гречихи, пшеницы, ржи, перца, горчицы, картофеля являются эффективными по отношению к трипсиновым протеазам [5].

Несмотря на то, что видовой состав растений, содержащих ингибиторы, чрезвычайно разнообразен, интерес представляют наиболее дешевые источники, например картофель [6] или отходы, полученные при обработке бобовых и риса [7], которые, как установлено, способствуют защите миофибриллярных белков при воздействии ферментов.

Известные способы выделения ингибиторов из растительного сырья основаны на применяемых в практике биохимических процессов экстракции, диализа, осаждения, ионообменной хроматографии, гель-фильтрации, аффинной хроматографии. При этом с применением этих методов получены эффективные ингибиторы не только из пасленовых (томаты, картофель), гречневых, тыквенных, а также зерновых культур, но и из листьев томатов и пшеничных отрубей [8].

Стоит отметить, что применение ингибиторов протеолиза в технологии пищевых продуктов существенно улучшает их качественные показатели. Это основано на данных исследований, свидетельствующих о применимости ингибиторов при онкологических заболеваниях [9], при различного рода дистрофиях [10], в экспериментах на людях и животных [11].

Применение ингибитора из картофеля позволило увеличить сроки годности пресервов из тихоокеанской сардины (иваси) более чем в три раза, по сравнению с контрольными образцами, и конечный срок хранения установлен в течении 1,5 лет против 5 месяцев без ингибитора.

Кроме того, установлено, что применение ингибитора созревания существенно замедляет процессы окисления при хранении не только пресервов, но и соленой рыбы, в частности, соленой горбуши, которая хранилась в условиях свободного доступа воздуха, что объясняется ингибированием липоксигеназ [12].

К проблеме производства пресервов и соленой продукции из сардины тихоокеанской относится и окисление липидов в процессе хранения за счет особенностей качественного состава. В ходе окислительного воздействия на пищевое сырье происходит снижение его потребительских свойств и как следствие - снижение сроков хранения [13]. В ходе развития окисления происходит образование таких соединений как кетоны, альдегиды и низкомолекулярные кислоты. В результате окисления липидов накапливаются токсичные продукты, что снижает пищевую ценность. Кроме того, происходит разрушение жирорастворимых витаминов, снижение содержания пигментов и жирных кислот [14].

Для замедления окисления в пищевой промышленности используют обработку ионизирующими и ультрафиолетовыми лучами, а также применяют вещества, обладающие антиоксидантным эффектом, такие как соли сорбиновой кислоты, диоксид углерода и хитозан.

Хитозан представляет собой наиболее распространенное и изученное производное линейного полиаминосахарида хитина, образованное путем деацетилирования щелочью.

Эффективность хитозана сопровождается его биосовместимостью, биodeградируемостью, нетоксичностью, иммуномодулирующими свойствами [15]. Результаты фундаментальных медико-биологических исследований токсико-гигиенических и лечебно-профилактических свойств хитозана в России и за рубежом позволили выявить его многофункциональность как технологической

добавки, что сыграло определяющую роль в развитии технологии пищевых продуктов с применением этого биополимера [16].

Потенциал хитозана как функционально технологической добавки в производстве пищевых продуктов значителен. Установлен ряд его свойств: способность служить связующим веществом в пищевой системе, сорбировать в продуктах органические вещества, особенно липиды, осаждать белки в водных суспензиях, оказывать продолжительный антимикробный (бактериостатический, на отдельных тапах и бактерицидный) эффект, повышать относительную биологическую ценность готовых продуктов.

Биополимер применим в изготовлении хлеба, переработке плодов, овощей, в технологии мясных, молочных продуктов [17].

Результаты исследований ученых Дальрыбвтуза, направленных на подтверждение многофункциональных свойств хитозана в зависимости от его характеристики, уровня содержания и технологических параметров обработки пищевой среды, послужили научным обоснованием для разработки технологий продуктов из промысловых объектов – новых видов консервов, кулинарных продуктов, сушеной продукции из водорослей и лососевых, соленой рыбной продукции [18].

Известно, что благодаря своей структуре и способности к деструкции хитозан может рассматриваться как потенциальный антиокислитель, благодаря своим свойствам образовывать соединения с катионами и способности образовывать хелаты [19].

В предыдущих работах оценивали антиоксидантную активность хитозана по накоплению малонового диальдегида при хранении малосоленых рыбных продуктов из лососевых. При этом было подтверждено, что присутствие хитозана в продукте снижает скорость накопления этого продукта окисления [20].

Анализ литературных данных показывает целесообразность использования биорегуляторов (хитозана и растительных ингибиторов) в технологии пищевой продукции из сардины тихоокеанской (иваси), которая является специфическим сырьем, требующим особенных технологических приемов для переработки. Отсутствие возможности переработки сардины в морских условиях, ставит перед береговыми рыбоперерабатывающими предприятиями сложную технологическую задачу по работе со специфическим и нестойким в хранении сырьем. Эта проблема может быть решена путем исследования технологического потенциала мороженой сардины тихоокеанской (иваси) для определения потенциальных и приемлемых технологий ее использования, что в совокупности с применением биорегуляторов природного происхождения раскрывает возможность ее использования для производства пищевой продукции с высокими товарными характеристиками.

В качестве объекта исследования использовали мороженую сардину тихоокеанскую, которая соответствует ТУ 9261-368-00472012-2015 «Сардина тихоокеанская (иваси). Технические условия». В качестве вспомогательных материалов использовали воду питьевую, соль поваренную пищевую (ГОСТ Р 51574-2000 «Соль поваренная пищевая. Технические условия», сахар-песок (ГОСТ 33222-2015 «Сахар-белый. Технические условия», хитозан с молекулярной массой 32 кДа (ТУ 9889-002-11418234-99 «Хитозан низкомолекулярный пищевой. Технические условия».

Ингибиторы протеолиза получали по ранее разработанной технологической схеме [21], источниками являлись картофель и рисовая полва.

Посол сардины тихоокеанской (иваси) осуществляли смешанным способом. Мороженую сардину размораживали при комнатной температуре, промывали в проточной воде, далее отправляли на стекание. Одновременно готовили посольную смесь, которую применяли из расчета 55 г посольной смеси на 1 кг рыбы (из них 50 г поваренной соли, 5 г сахара). Рыбу перемешивали с посольной смесью и укладывали в полимерную тару емкостью 1300 мл. Заливали тузлуком, плотностью 1120 кг/м³, предварительно в нем растворяли ингибитор 12,5 г (картофельный и рисовый). В зависимости от состава образцов добавляли хитозан, растворенный в водном растворе. Крышку полимерной тары плотно закрывали и направляли на созревание при температуре от минус 4 до минус 2 °С. Одной из целей экспериментальной работы являлось обоснование возможности изготовления продукции без применения бензойно-кислого натрия (БКН), для этого в ряд посольных смесей для сравнения был включен БКН.

Степень созревания соленого полуфабриката и пресервов определяли по показателю буферности согласно ГОСТ 19182-89.

Содержание небелкового азота (N_{нб}), белкового азота (N_б) определяли по методикам, принятым для исследования указанных веществ. [22].

Определение содержания малонового диальдегида (МДА) проводили по методике, основанной на взаимодействии тиобарбитуровой кислоты и низкомолекулярных диальдегидов [23].

Определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных и аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов».

Выбор концентрации хитозана в посольной смеси осуществлен на основании результатов многолетних исследований по его применению в пищевых продуктах, а концентрацию ингибиторов установили на основании ранее проведенных исследований [18].

Состав посольных смесей экспериментальных образцов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Состав посольных смесей экспериментальных образцов из расчета на 1 кг рыбы

№ образца	Соль поваренная, г	Сахар, г	Солевой раствор, плотность 1,12 г/см ³ , мл	БКН, г	Картофельный ингибитор, г	Рисовый ингибитор, г	Хитозан 32 кДа, г
1	50	5	400	0,1	-	-	-
2	50	5	400	0,1	12,5	-	-
3	50	5	400	0,1	-	12,5	-
4	50	5	400	-	-	-	3
5	50	5	400	-	12,5	-	3

Для определения качественных показателей соленой продукции были проведены исследования степени созревания и окислительных процессов в пресервах из сардины на 3 и 7 месяцы хранения.

Результаты процесса протеолиза соленой продукции из сардины тихоокеанской (иваси) в процессе хранения показали следующее (таблица 2).

Таблица 2

Показатели протеолиза пресервов из сардины тихоокеанской, хранение 3 месяца

Образец №	N _{общ.} , %	Белок, % N _{общ.} x 6,25	Белковый азот, % к N _{общ.}	N _{небелк.} , %	Степень протеолиза, % N _{небелк.} / N _{общ.}
1	2,1	13,5	85,0	0,325	15,0
2	2,1	13,03	89,6	0,219	10,9
3	2,0	12,8	87,3	0,232	11,6
4	1,9	12,3	86,1	0,275	13,9
5	2,0	12,5	89,0	0,222	11,0

Наименьший уровень степени протеолиза 10-13 % обусловлен действием ингибиторов картофельного (образец 2) и рисового (образец 3). Отмечено положительное совместное действие хитозана и картофельного ингибитора на сохранность белковой составляющей (образец 5).

Как следует из приведенных результатов, использование ингибиторов протеолиза, в том числе – с хитозаном, приводит к заметному торможению процессов разрушения белков. При более продолжительном хранении в течение 7 месяцев установлены ещё более существенные различия в образцах. Образцы с растительными ингибиторами имели степень протеолиза практически в два раза меньше, чем без них (таблица 3).

**Показатели протеолиза белков при хранении пресервов из сардины тихоокеанской,
7 месяцев хранения**

Образец №	$N_{\text{общ.}}, \%$	Белок, % $N_{\text{общ.}} \times 6,25$	Белковый азот, % к $N_{\text{общ.}}$	$N_{\text{небелк.}}, \%$	Степень протеолиза, $\% N_{\text{небелк.}} / N_{\text{общ.}}$
1	2,3	14,2	76,3	0,541	23,7
2	2,3	14,5	88,8	0,261	11,2
3	2,2	13,9	85,3	0,280	12,7
4	2,1	13,0	79,7	0,484	20,2
5	2,0	13,8	87,3	0,281	12,6

Динамика показателя буферности, характеризующего уровень биохимических изменений образцов соленой рыбы в хранении, представлена на рисунке 1.

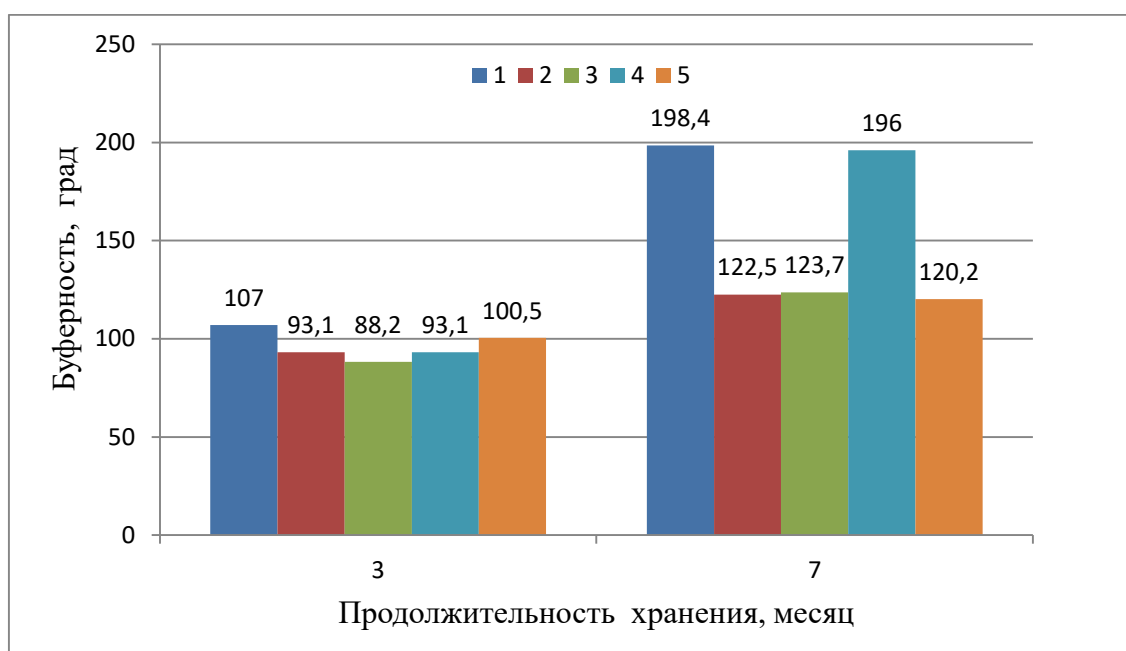


Рис. 1. Показатель буферности соленой продукции из сардины тихоокеанской (иваси), град

Как видно из представленных данных, значения буферности образцов, полученных при посоле с применением белковых ингибиторов, картофельного и рисового, заметно отличаются в меньшую сторону от остальных. На 7-м месяце хранения образцы соленой рыбы характеризовались биохимическими показателями, описанными для стадии «активного дозревания», тогда как образцы, изготовленные по традиционной технологии и с включением в состав рецептуры уксусной кислоты, характеризовались уровнем показателя буферности, соответствующим для «перезревшей» рыбы.

На начальном этапе хранения образец с использованием в качестве сырья разделанной рыбы (иваси) отличался низкими значениями буферности, которые можно трактовать как рыба в «начале дозревания». Изменение буферности при хранении данного образца было минимальным, по сравнению с остальными образцами.

Окисление липидов мышечной ткани в соленой продукции во время хранения определяли по динамике накопления малонового диальдегида (МДА) – рисунок 2.

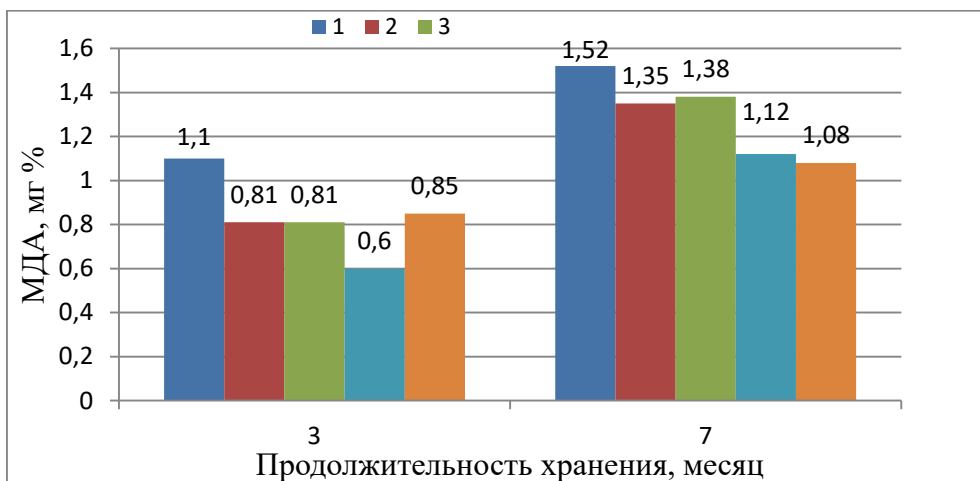


Рис. 2. Динамика накопления малонового диальдегида в соленой продукции из сардины тихоокеанской (иваси)

Представленные результаты (рисунок 2) свидетельствуют о развитии окислительных процессов во всех исследуемых образцах. Тем не менее, стоит отметить, что образцы с низкомолекулярным хитозаном проявляли заметное антиокислительное действие во время хранения.

Данные по микробиологическим показателям образцов соленой продукции из сардины тихоокеанской (КМАФАнМ), представленные на рисунке 3, свидетельствуют о том, что по истечении 7 месяцев хранения ни один из экспериментальных образцов не превысил допустимую норму безопасности для рыбных пресервов (10^5), регламентированную Техническим регламентом Таможенного Союза (ТР ТС 021/ 2011).

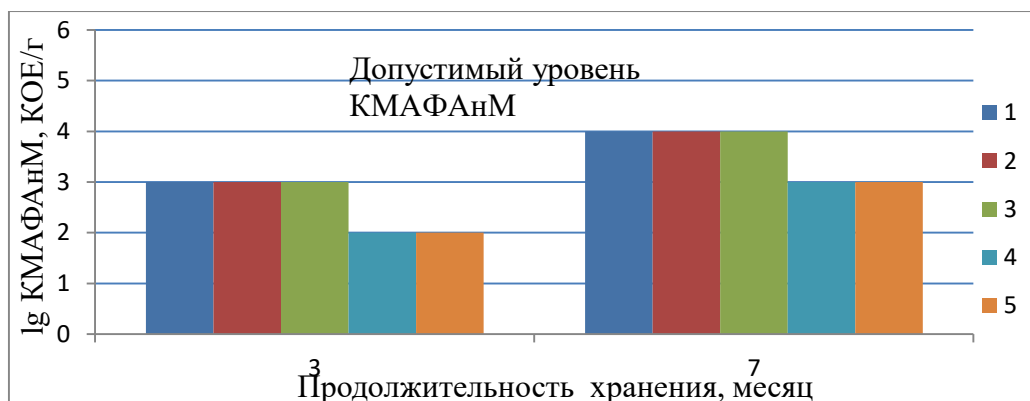


Рис. 3. Микробиологические показатели образцов соленой продукции из сардины тихоокеанской (иваси) - КМАФАнМ, COE/г

Образцы 4 и 5 с низкомолекулярным хитозаном, включенным в состав посольной смеси, характеризовались самой низкой степенью обсемененности (10^3). Образцы 1, 2 и 3 с включенным в состав рецептуры консервантом (БКН) демонстрировали стабильность по микробиологическим показателям в хранении. Результаты наблюдений показали, что в результате посевов в образцах с низкомолекулярным хитозаном и БКН было отмечено очень слабое развитие микроорганизмов, характеризующееся их слабым ростом в виде мелких клеток (колоний). Данный факт в образцах 4 и 5 объясняется доказанными ранее барьерными свойствами хитозана, ингибирующего микробную активность соленой рыбопродукции в хранении [60].

Сравнивая полученные данные можно отметить, что все экспериментальные образцы с растительными ингибиторами характеризуются более низкими показателями протеолиза. Применение низкомолекулярного хитозана в комплексе с ингибиторами протеолиза способствует заметному снижению окислительных процессов. Комплекс проведенных исследований позволяет заключить, что совместное использование ингибиторов протеолиза и низкомолекулярного хитозана обеспечивает микробиологическую безопасность и возможность приготовления пресервов без БКН.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что использование в рецептуре посольной смеси ингибиторов природного происхождения (ингибитор из картофеля и рисовой пшеницы) позволяет обеспечить более высокие качественные показатели соленой продукции из сардины тихоокеанской за счет угнетения активных ферментов сырья, что выражается в более длительном периоде ее хранения, высоких органолептических свойствах.

Таким образом, применение в составе посольной смеси низкомолекулярного хитозана позволяет снижать активность микроорганизмов и полностью исключить использование консерванта химического происхождения (БКН). Помимо антимикробного эффекта хитозан способен оказывать выраженный антиокислительный эффект, что особенно актуально для такого сырья, как сардина тихоокеанская (иваси). Для производства пресервов из мороженой рыбы особенно важным является возможность обеспечения с помощью биорегуляторов протеолиза длительного срока годности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование современного состояния и перспектив долгосрочного развития промысла дальневосточной сардины (иваси) и скумбрии в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне / А. Н. Бойцов, С. В. Лисиенко, Е. В. Осипов [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2020. – № 1. – С. 45-47. – DOI 10.37663/0131-6184-2020-1-45-47.

2. Иголкина Л.А., Слуцкая Т.Н. Выделение препаратов катепсина из мышечной ткани рыб на специфических сорбентах // Известия Вузов. Пищевая технология. – 1989, №4. С. 36-40.

3. Kuester D, Lippert H, Roessner A, Krueger S. The cathepsin family and their role in colorectal cancer // Pathology, Research and Practice. 2008 ; vol. 204 №(7), p. 491-500.

4. Simson B.K., Naard H.F. Trypsin from Greenland cod (*Gadus ogac*). Isolation and comparative properties. Comparative Biochemistry and Physiology, 1979. – P. 613 – 622.

5. Катионные ингибиторы сериновых протеиназ из семян гречихи: изучение взаимодействия с экзогенными ферментами / Т. А. Цыбина, Н. А. Попыкина, Н. И. Ларионова [и др.] // Биохимия. – 2004. – Т. 69. – № 4. – С. 544-548.

6. Слуцкая Т. Н., Миленина Н. И., Виняр Т. Н. Применение белкового препарата из картофеля для замедления созревания соленых рыб // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 1990. №5. С. 88-95.

7. Миленина Н.И. Ингибиторы протеаз из растительного сырья. Известия ТИПРО, 1995, т. 118, с 88-95.

8. Mitsunaga T. Isolation and characterization of trypsin inhibitors from wheat germ. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo). 1979;25(1):43-52.

9. Clemente A, Moreno F.J, Marín-Manzano Mdel C, Jiménez E, Domoney C. The cytotoxic effect of Bowman-Birk isoinhibitors, IBB1 and IBBD2, from soybean (*Glycine max*) on HT29 human colorectal cancer cells is related to their intrinsic ability to inhibit serine proteases. Mol Nutr Food Res. 2010 Mar;54(3):396-405

10. Morris C.A, Selsby JT, Morris L.D, Pendrak K, Sweeney H.L. Bowman-Birk inhibitor attenuates dystrophic pathology in mdx mice. J Appl Physiol (1985). 2010 Nov;109(5):1492-9.

11. Davis A.E 3rd, Cai S, Liu D. C1 inhibitor: biologic activities that are independent of protease inhibition. Immunobiology. 2007;212(4-5):313-23.

12. Hsieh R.J., Kinsella J.E. Lipoxygenase-Catalyzed Oxidation of N-6 and N-3 Polyunsaturated Fatty Acids: Relevance to and Activity in Fish Tissue. Food Science Volume 51, Issue 4 July 1986 Pages 940–945.

13. Агаджанян В.С. Целенаправленный поиск индивидуальных веществ и суммарных композиций, характеризующихся антирадикальной активностью в отношении супероксидного анион-радикала // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата фармацевтических наук, Пятигорск, 2009, 26 с

14. Нечаев А.П., Траубенберг С.А., Кочеткова А.А. Пищевая химия. - СПб.: ГИОРД, 2003. - 640 с. 3. Дарманян А.П., Касаикина О.Т., Храмева Н.П. Фотофизика природного антиоксиданта кверцетина и механизм его взаимодействия с синглетным кислородом // Химическая физика. Т. 6. 1987. No 8, с.85-92.

15. Гафуров Ю.М. Хитозан: свойства, опыт применения. – Владивосток, 2011. – 136 с.

16. Хитозан / под ред. К.Г. Скрябина, С.Н. Михайлова, В.П. Варламова. – М.: Центр «Биоинженерия» РАН, 2013. – 593 с.
17. Евдокимов И.А. Основные направления применения хитозана в молочной промышленности / И.А. Евдокимов, С.В. Василисин, Л.Р. Алиева // Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: матер. Седьмой междунар. конф. – М.: ВНИРО, 2003. – С. 241-243.
18. Максимова С.Н., Сафронова Т.М. Хитозан в технологии рыбных продуктов: характеристики, функции, эффективность. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – 256 с.
19. Корягин А.С. Анализ антиоксидантных свойств хитозана и его олигомеров / А.С. Корягин, Е.А. Ерофеева, Н.О. Якимович и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – М.: Изд-во РАМН, 2006. Т. 142. № 10. – С. 444-446.
20. Суровцева Е. В. Разработка технологии малосоленой продукции из лососевых рыб с хитозаном: автореф. дис... канд. технический. Наук. – Владивосток, 2010. – 25с.
21. Картофельный ингибитор ТУ 15-01 160292-97 «Ингибитор протеаз».
22. Леванидов Н.М. Методика определения способности мяса соленых рыб к созреванию / Н.М. Леванидов, И.П. Купина, Т.Н. Слуцкая // Рыб. хоз-во. – 1984. – No 9. – С. 62-63.
23. Гончаренко М.С., Латина А.М. Метод оценки перекисного окисления липидов // Лаб. дело. 1985. - № 1. - С. 60-66.

BIOREGULATORS OF PROTEOLYSIS AND OXIDATION IN TECHNOLOGY SALTY PACIFIC SARDINE PRODUCTS

Poleschuk Viktorya Igorevna, assistant, graduate student
Slutskaya Tatiana Noevna, Cand. Sc. Engineering, Assoc. Prof.
¹Maksimova Svetlana Nikolayevna, Dc. Sc. Engineering, Prof.

FESTFU «Dalrybvтуz», Vladivostok, Russia, e-mail: ¹maxsvet61@mail.ru

The article presents the results of scientific research to determine the potential of proteolysis and oxidation bioregulators in the production of salty products from Pacific sardine (Ivasi). As bioregulators, plant inhibitors (potato and rice flooring), as well as the biopolymer chitosan, were investigated. The effective influence of plant inhibitors and chitosan on the maturation of salted fish, oxidative processes, microbiological stability occurring in the technological process, and the stability of the finished product in storage has been established.

УДК 597.562-116:577.1

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ПРОТЕИНАЗ ПОЙКИЛО- И ГОМОЙОТЕРМНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

¹Рысакова Кира Сергеевна, канд. биол. наук, научный сотрудник
Мухин Вячеслав Анатольевич, д-р биол. наук, руководитель филиала
Новиков Виталий Юрьевич, канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник
Барышников Андрей Владимирович, канд. техн. наук, заведующий лабораторией

Полярный филиал всероссийского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
Мурманск, Россия, e-mail: ¹rysakova@pinro.ru

Основная идея поиска состояла в обнаружении ферментов с уникальными психрофильными свойствами. На примере протеолитических ферментов из гепатопанкреаса камчатского краба и поджелудочной железы свиньи показано, что не существует абсолютного температурного оптимума для проявления максимальной активности ферментов, а значение «кажущейся оптимальной температуры» зависит, главным образом, от продолжительности инкубации и может колебаться в широких пределах.

Введение

В последние десятилетия многие ученые посвящают свои исследования поиску новых ферментов, источником выделения которых являются морские организмы – обитатели холодных морей. Скринингу подвергаются различные живые существа от микроорганизмов и грибов до позвоночных. Сформировалось целое направление исследований под общим брендом «Морской Арктический биопроспектинг».

Принято считать, что адаптационные процессы, проявляющиеся на уровне целого организма, первично происходят на уровне функционирования его ферментных систем. Очевидно, что существование живых организмов при низких температурах обеспечивается уникальными химическими механизмами. На изучении этих химических закономерностей сосредоточены усилия многих исследователей.

Так, среди морских биохимиков весьма популярна идея существования ферментов, адаптированных к холодным условиям среды обитания. Некоторые исследователи даже допускают возможность существования специальных «холодолюбивых» протеиназ со сверхвозможностями, способных проявлять более высокую активность при более низких температурах. Актуальность этих исследований трудно переоценить. Безусловно, ферменты, которые сохраняют достаточно высокую активность при низких температурах, найдут широкое применение во многих биотехнологических процессах.

Основная идея поиска состоит в обнаружении ферментов с уникальными психрофильными свойствами и базируется она на факте существования организмов-психрофилов, которые более комфортно функционируют при низких температурах. Термин «психрофильный» по отношению к ферментам стал активно применяться и подменять собой термины «холодоадаптированный» и «холодоустойчивый». Однако, по-нашему мнению, между этими понятиями существует принципиальная разница.

В своем исследовании мы попытались, во-первых, установить теоретическую возможность существования истинных психрофильных ферментов, а, во-вторых, в качестве примера, проанализировать в сравнительном аспекте температурные оптимумы-максимумы пищеварительных протеолитических ферментов типичного обитателя холодных морей – камчатского краба и типичного теплокровного животного – домашней свиньи.

Материал и методика

Объектами исследования служили: комплексный ферментный препарат, полученный нами из гепатопанкреаса камчатского краба, акклиматизированного в Баренцевом море *Paralithodes camtschaticus* (далее – гепатопанкреатин), полученный нами по ранее описанной методике [2, с. 633-638] и коммерческий панкреатин (Pancreatin, U.S.P. «ICN Biochemicals», США), полученный из поджелудочной железы домашней свиньи *Sus scrofa domestica* (далее – панкреатин).

Гепатопанкреатин и панкреатин были использованы нами для изучения закономерностей протеолиза. В качестве субстрата использовали раствор гемоглобина бычьей крови ((Sigma, США). Исходное соотношение масс субстрата и фермента составляло 50:1. Инкубацию проводили в нейтральной среде (рН-7,0) при различных температурах (от 5 до 60 °С) и продолжительности (от 0,5 до 200 ч).

Затем добавляли 2 мл 10 % раствор ТХУ для осаждения белков. Осадок отделяли центрифугированием в стеклянных пробирках при 5000 об/мин в течение 15 минут при температуре 5 °С. Затем в супернатанте измеряли разность поглощений при 280 и 320 нм. В качестве раствора сравнения использовали супернатант, полученный аналогичным образом, но с разницей в том, что раствор фермента вносили после добавления ТХУ.

Эффективность протеолиза мы оценивали по накоплению ТХУ-неосаждаемых продуктов распада гемоглобина и выражали в концентрации гидролизованного белка (С (г/л)) по формуле:

$$C = \frac{\Delta D M}{\varepsilon \omega S}$$

где ΔD – разность поглощений при 280 и 320 нм;

ε – молярная экстинкция тирозина - 1171,6 л/(моль*см);

M – молекулярная масса тирозина - 181,2 г/моль

ω – массовая доля тирозина и триптофана в гемоглобине, 0,097;

S – содержание гемоглобина в объеме реакционной смеси равно 2,5 мг/мл.

Результаты и их обсуждение

Прежде всего, следует определиться что понимается под «оптимумом» и «максимумом» активности ферментов.

Согласно классической трактовке, активность фермента – это количество преобразуемого субстрата единицей фермента в единицу времени. Следовательно, «максимум» активности – это максимальное количество преобразуемого субстрата, рассчитанное на количество фермента и время инкубации.

Однако понятие «оптимум» активности фермента, на наш взгляд, более многогранно. Мы полагаем, что существует, как минимум, три трактовки этого понятия. Первая – фактически, соответствует понятию «максимум» активности (биохимический оптимум). Второе – «оптимум», с точки зрения функционирования живого организма, - это максимальное количество преобразованного субстрата в естественных условиях обитания организма (физиологический оптимум). И, наконец, третье – «оптимум», с точки зрения прикладной биотехнологии – это максимальное количество преобразованного субстрата в оптимальных условиях для осуществления заданного процесса (технологический оптимум).

Таким образом, термин «оптимум» ферментативной активности по-разному воспринимается биохимиками, физиологами и технологами. И это обстоятельство дает широкие возможности для манипуляций с терминами «оптимум-максимум» активности.

Применяя вышеизложенную классификацию, в своей работе мы, в основном, оцениваем эффективность протеолиза с технологической точки зрения, так как изучаем преимущественно прикладной аспект этой проблемы.

Рассмотрим подробнее результаты проведенных нами экспериментов, которые, на наш взгляд, доказывают, что не существует абсолютного температурного оптимума-максимума для изученных ферментов.

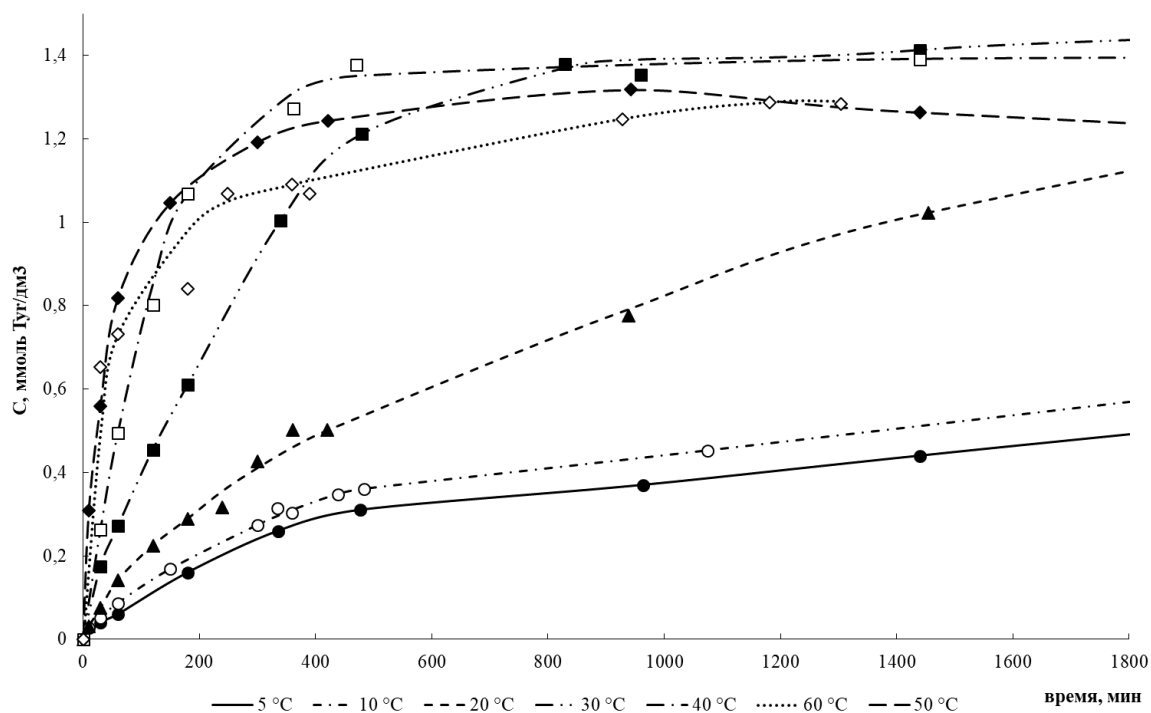


Рис. 1. Динамика накопления продуктов гидролиза гемоглобина в зависимости от температуры и времени инкубации при действии гепатопанкреатина. Условия гидролиза: Субстрат - 1 % раствор гемоглобина; Фермент - 0,1 % раствор гепатопанкреатина

На представленном графике (рис. 1) можно обнаружить, что ТХУ-неосаждаемые продукты гидролиза гемоглобина наиболее активно накапливаются при первых 3-5 ч инкубации при 50 °C. Однако уже при 6 ч инкубации этот процесс более эффективно протекает при 40 °C, а при продлении времени инкубации до 10 ч и более – при 30 °C.

Есть основания полагать, что при дальнейшем увеличении времени инкубации, эффективность процесса будет выше при еще более низких температурах.

Теперь приведем аналогичный график, полученный нами для панкреатина (рис. 2).

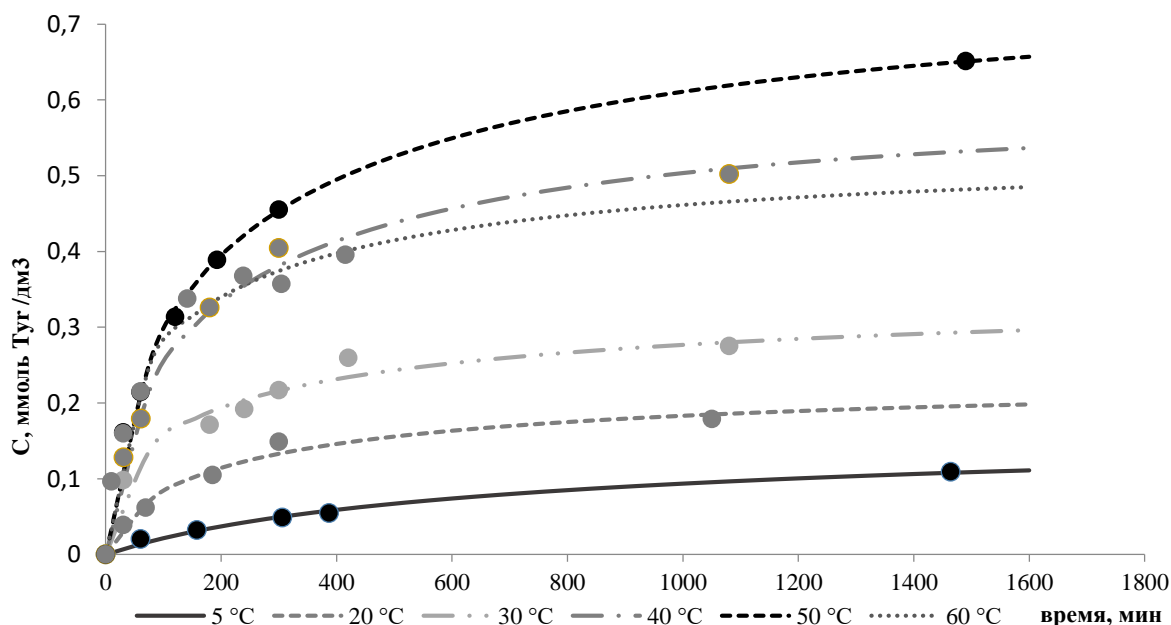


Рис. 2. Динамика накопления продуктов гидролиза гемоглобина в зависимости от температуры и времени инкубации при действии гепатопанкреатина. Условия гидролиза: Субстрат - 1 % раствор гемоглобина; Фермент - 0,1 % раствор панкреатина. Графики построены на основании экспериментальных данных

Наблюдаемая для гепатопанкреатина тенденция в некоторой степени отмечается и для панкреатина: на первых минутах инкубации процесс более эффективен при 60 °С, после первого часа инкубации – при 50 °С. Далее, на 4-м ч инкубации гидролиз по-прежнему более эффективен при температуре 50 °С, однако кинетическая кривая, соответствующая процессу при 40 °С, также пересекает таковую соответствующую процессу при 60 °С.

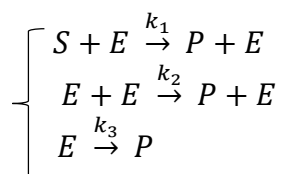
Таким образом, с одной стороны мы можем сформулировать вывод о различном поведении гепатопанкреатина и панкреатина при разной температуре инкубации, с другой стороны, у изученных ферментов наблюдается схожая тенденция, состоящая в смещении к более низким температурам эффективности процесса гидролиза по мере увеличения времени инкубации.

На основе этих экспериментальных данных нами была разработана математическая модель, весьма адекватно описывающая изучаемый процесс и позволяющая теоретически рассчитать эффективность протеолиза за любой период времени инкубации.

При исследовании комплекса протеиназ краба эта модель убедительно показывает, что при малом времени инкубации оптимум-максимум будет стремиться к максимальной температуре, и, напротив, при большом времени инкубации технологический оптимум-максимум будет постепенно смещаться в сторону низких температур.

При математическом описании процесса мы учитывали три основных процесса, протекающих в рамках протеолиза:

- 1) реакцию взаимодействия фермента с субстратом;
- 2) реакцию взаимодействия фермента с ферментом и
- 3) реакцию деструкции фермента (термодеструкции)



где S – субстрат (гемоглобин);

E – фермент (комплексный препарат);

P – суммарный продукт гидролиза белков (ТХУ-неосаждаемые продукты);

k_1, k_2, k_3 – константы скоростей реакций

Итак, математически протеолиз описывается системой трех дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} eq1 := \frac{d}{dt} s(t) = -k_1 e(t) s(t) \\ eq2 := \frac{d}{dt} e(t) = -k_2 e(t)^2 - k_3 e(t) \\ eq3 := \frac{d}{dt} p(t) = k_1 e(t) s(t) + k_2 e(t)^2 + k_3 e(t) \end{array} \right.$$

где $s(t), e(t), p(t)$ – концентрации компонентов, k_1, k_2, k_3 – константы скоростей реакций.

Начальные условия: $s(0) = S_0; e(0) = E_0; p(0) = P_0$.

Система имеет аналитическое решение для каждого компонента.

Графики, построенные с применением этой модели, дают нам возможность более детально рассмотреть влияние температуры на изученные комплексы пищеварительных протеиназ.

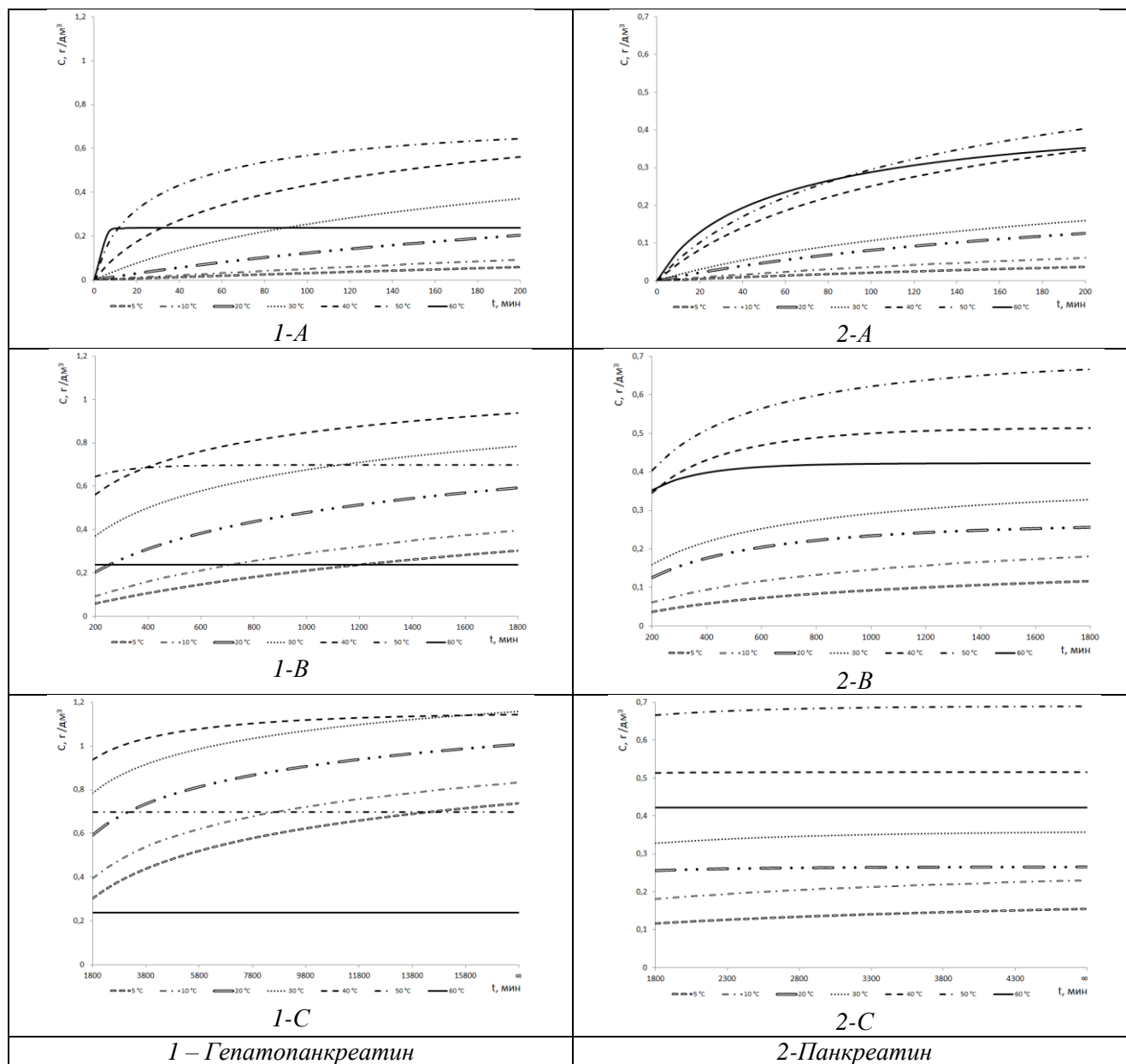


Рис. 3. Динамика накопления продуктов гидролиза гемоглобина в зависимости от температуры и времени инкубации при действии гепатопанкреатина. Условия гидролиза: Субстрат - 1 % раствор гемоглобина; Фермент - 0,1 % раствор гепатопанкреатина (панкреатина).
Графики построены на основании математической модели

На первом графике (рис. 3-1-А), представлены результаты моделирования по обнаружению «оптимума-максимума» комплексного препарата из гепатопанкреаса камчатского краба при относительно коротких сроках инкубации (до 30 мин). На основании представленных данных, мы можем утверждать, что температурный оптимум-максимум лежит в диапазоне 50-60 °С. Однако, при продлении срока инкубации до 5-6 ч (рис. 3-1-В), мы можем обнаружить, что искомым оптимум-максимум смещается в сторону более низких температурных значений (до 30-40 °С). При увеличении продолжительности инкубации до 4 суток и более (рис. 3-1-С) мы обнаруживаем, что гидролиз протекает более эффективно при 10 °С, чем при 50 °С.

Отмеченная закономерность менее характерна для протеиназ из поджелудочной железы свиньи, однако и в этом случае при увеличении времени инкубации наблюдается некоторое смещение «оптимума» в сторону более низких температур (Рис. 3-2-А,В,С).

Чем же обусловлены наблюдаемые различия, которые математически описываются различными значениями констант K_1 , K_2 и K_3 ?

Одним из наиболее очевидных механизмов адаптации к обитанию существ в экстремальных условиях является тонкая настройка ферментативных процессов. В свою очередь, ферменты могут

быть модифицированы таким образом, чтобы выполнять достаточно эффективно свои функции в экстремальных условиях. Однако модификация ферментов имеет свои естественные пределы.

Тот факт, что за несколько десятилетий исследований морских обитателей не было обнаружено ни одной принципиально новой аминокислоты, говорит о том, что различия в химической структуре гомологичных ферментов носят лишь количественный характер.

Как было показано многими авторами, различия в аминокислотном составе (первичная структура) гомологичных протеиназ не столь значительны.

Аргументом в пользу этого предположения может служить принципиальное сходство, а иногда и поразительное совпадение ферментных систем, реализующих пищеварение у различных классов живых организмов. Например, доказано, что все кислые аспарагиновые и нейтральные сериновые протеиназы происходят от соответствующих общих ферментов-предшественников [9, с. 425-435; 10, с.156]. Последовательность аминокислотных остатков пепсина, гастриксина и реннина весьма близка, высказано предположение, что эти ферменты произошли в процессе эволюции от одного общего предшественника – кислой протеазы в результате удвоения гена через гипотетическую промежуточную протеазу [14, с. 52-84]. Наличие трипсиновой активности в пищеварительных органах всех изученных классов животных подтверждает генетическую древность трипсиноподобного фермента и предположение об эволюционном происхождении от него всех сериновых протеиназ [8, с. 77-87].

Поскольку вторичная структура белков, фактически запрограммирована аминокислотной последовательностью, следовательно, различное влияние температуры на активность протеиназ теплокровных и холоднокровных организмов объясняется, главным образом, различиями в третичной структуре изучаемых ферментов. Очевидно, что именно пространственная ориентация молекулы фермента сказывается на его термолабильности.

Определенно доказано, что имеются некоторые различия в третичной структуре аналогичных протеиназ, способствующие проявлению термолабильности или термостабильности ферментов *in vivo* [18, с. 93-103; 21, с. 11643-11665]. Однако, это не сказывается на «технологических» свойствах ферментов *in vitro*. По-видимому, для всех ферментов экспериментально определяемый температурный «оптимум-максимум» активности зависит от продолжительности инкубации.

Если исследование активности фермента проводится с целью определения его кинетических параметров, то следует ограничиваться измерениями начальной скорости превращения, т.е. проводить эксперименты в течение непродолжительного времени. Если же целью является получение максимального количества целевого продукта, то следует экспериментально находить ту оптимальную температуру, при которой положительный эффект, связанный с увеличением скорости реакции в результате повышения температуры, еще перевешивает эффект замедления реакции от постепенной денатурации фермента [1, с. 199-228].

Как уже отмечалось, «криорезистентность» обеспечивается, главным образом, особенностями третичной структуры белков и, фактически, всегда сопровождается повышенной термолабильностью [21, с. 11643-11665]. Доказано, что отличия в структуре белков обеспечивают более «мягкий» молекулярный каркас. Описанные механизмы, по-видимому, несколько снижает температуру денатурации белков.

По сравнению с аналогом максимум при любом времени инкубации криорезистентного фермента несколько смещен в сторону более низких температур, но этот факт обусловлен лишь соответствующим смещением температуры его денатурации. Именно поэтому, криорезистентный фермент быстро инактивируется уже при умеренно высоких температурах.

Весьма распространенная методическая ошибка заключается в том, что исследователи обнаруживают «оптимальную» температуру проявления активности ферментов при определенном времени инкубации и далее продолжают работать только с этой температурой, в то время как этот «температурный оптимум» может сильно изменяться в зависимости от продолжительности инкубации.

В своей статье Дуарте [6, с. 1-20] пишет, ссылаясь на работу Кришмана с коллегами, что протеаза, выделяемая Антарктической бактерией *Pseudogymnoascus rannogum*, проявляет максимальную активность при 4 °С. Однако обращаясь к первоисточнику [16, с. 1535-1542] мы обнаруживаем, что эти исследователи определяли активность ферментов только при 4 °С не сравнивая с активностью при других температурах и инкубацию они проводили в течение 10 суток. При этом, скрининг активности ферментов они проводили по методике, описанной в работе Маргизен [17, с. 451-458] с коллегами. В свою очередь,

Маргизен изучает сперва скорость роста психрофильных бактерий и дрожжей при различных температурах и сроках инкубации. Она приходит к ожидаемому выводу, что максимальный рост указанных культур происходит при температуре ок. 10 °С, а при температуре выше 20-30 °С их рост резко замедляется. Однако, это вовсе не означает, что активность ферментов, определяемая *in vitro* будет подчиняться тем же закономерностям. Тем не менее, опираясь на свои исследования по культивированию микроорганизмов, Маргизен [17, с. 451-458] осуществляет дальнейший скрининг активности ферментов уже только при 10 °С, полагая, что эта температура оптимальна! По-видимому, именно таким образом появляются сообщения о «холодолюбивых ферментах».

Действительно доказано, что холодоустойчивые ферменты способны сохранять достаточно высокую активность при низких температурах, однако в данном случае, речь идет лишь о сохранении некоторой активности.

Barghini с коллегами [4, с. 331-338] исследовали хитиназы, антарктического гриба *Lecanicillium muscarium*, культивированного на отходах промысла креветки. При инкубации с субстратом в течении 10 мин они обнаружили максимальную хитинолитическую активность при 45-50 °С, что принципиально не отличает их от любых других хитиназ. Однако, согласно этим исследованиям, достаточно высокая активность (ок. 35 % от максимума) хитиназ сохраняется и при 5 °С, что, по-видимому, является проявлением биохимической адаптации.

Флоржак с коллегами [13, с. 18-24] обнаружили, что при инкубации в течение 15-ти мин липаза, выделенная из антарктического гриба *Geomyces* sp. проявляет максимальную активность при 40 °С, что принципиально не отличает ее от липаз теплокровных животных. При этих условиях они также установили, что некоторая липазная (15 % от максимума) активность обнаруживается и при 0 °С.

Фенис с коллегами [12, с. 289-300] пишут, что очищенная хитиназа антарктической бактерии *Verticillium lecanii* активна в диапазоне температур 5-60 °С с максимумом при 40 °С, при этом при 5 °С фермент показывал 50 % от максимума активности. Через 1, 4 и 8 ч инкубации при оптимальном рН и температуре (40 °С), фермент сохранял 80, 50 и 5 % от максимальной активности, соответственно. Следовательно, уже через 8 ч при этой температуре инкубации фермент почти полностью инактивировался. Из методической части этого исследования становится понятно, что для определения температурного оптимума инкубация была проведена в течение 10 мин [12, с. 289-300].

В другом исследовании [20, с. 94] указано, что хитиназа из гриба *Glaciozyma antarctica* проявляет максимальную активность при 15 °С.

Подобный разброс «температурного оптимума» хитиназ, антарктических обитателей объясняется лишь разными условиями определения этой активности.

Смеем предположить, что при более длительном сроке инкубации, (например, несколько суток) и температуре 5-10 °С, количество высвободившегося N-ацетил глюкозамина было бы большим, а, следовательно, именно эту температуру следовало бы назвать оптимальной.

В ряде работ описывается существенная разница между оптимальной температурой для роста культуры и оптимальной температурой для проявления активности ферментов, выделенных из этой культуры.

Так, дрожжи *Leucosporidium antarcticum* обнаруживают максимальный рост при температуре 6 °С, в то время как фермент инвертаза, выделенная из них имеет «кажущийся температурный оптимум» при 30 °С [22, с. 125-136].

Аналогичная ситуация наблюдается с грибом *Geomyces* sp., который оптимально растет при температуре 10 °С, а фермент липаза, выделенная из него, имеет «кажущийся температурный оптимум» при 35 °С [13, с. 18-24].

В доказательство этому факту можно привести данные, касающиеся ксиланаз, продуцируемых грибами-симбионтами Антарктической морской губки [5, с. 524-532]. Авторы обнаружили, что рост колоний этого гриба, практически прекращается при температуре выше 25 °С, в то же время максимальная активность ксиланаз *in vitro* при коротком периоде инкубации составляет ок. 50 °С.

Из вышеприведенных фактов следует еще один очевидный вывод: оптимальная температура естественной среды обитания организма не всегда соответствует оптимальной температуре для работы его ферментативной системы.

Вероятно, протеиназы всех живых организмов независимо от среды обитания имеют единый структурный формат и качественно состоят из одинаковых аминокислот. В силу этого обстоятельства функционирование ферментов осуществляется по одним и тем же закономерностям. Согласно

термодинамическим законам, чем выше температура среды, тем выше активность любого фермента, однако физиология ограничивает эту закономерность диапазоном температур денатурации белка (летальная граница). Не существует особых ферментов, которые проявляют более высокую активность при низких температурах, однако возможно некоторое смещение в сторону снижения температуры денатурации за счет особенностей вторичной и третичной структуры белков. Общеизвестное разделение организмов, основанное на отношении к температуре обитания, классифицирует их как «психрофильные», «мезофильные» и «термофильные» организмы. Мы полагаем, что эта классификация не может быть автоматически распространена на ферменты, как это делается многими исследователями [11, с. 200-208; 19, с. 42; 21, с. 11643-11665; 3, с. 28202–28208]. В данном случае уместнее применять термин не «психрофильные» и «термофильные», а «психрорезистентные» («криорезистентные») и «терморезистентные» ферменты.

В более поздней монографии «Psychrophiles: From Biodiversity to Biotechnology» (2017 г.), вышедшей под общей редакцией вышеупомянутой Розы Маргизен, активно используется термин «Кажущаяся оптимальная температура работы фермента». Авторы отмечают, что «Кажущаяся оптимальная температура работы фермента» зависит от используемых условий и, в частности, от времени инкубации.

Мы согласны, что это, хоть и громоздкий, но очень точный термин.

«Кажущаяся оптимальная температура работы фермента» во многом зависит от того, при каких условиях проведен эксперимент, и, в частности, от времени инкубации, можно привести результаты нескольких исследований.

«Кажущаяся оптимальная температура» для «криорезистентных» ферментов, как правило, сдвинута в направлении более низких значений, а их активность сохраняется при более низких температурах, по сравнению с «терморезистентными» гомологами.

Заключение

Итак, рассматривая проблему «оптимальной температуры» для функционирования пищеварительных протеиназ, мы можем сформулировать некоторые выводы и закономерности.

1. На примере ферментов, выделенных из пищеварительных органов пойкило- и гомойотермных животных нами было показано, что не существует абсолютной оптимальной температуры для проявления максимума ферментативной активности. График температурно-временной зависимости эффективности протеолиза можно разделить на три участка. На начальном участке кривой прослеживается явная прямая зависимость: концентрация продуктов реакции всегда будет максимальной при максимальной температуре, согласно законам термодинамики. На средней части кривой этого графика отмечаются некоторые отличия в функционировании протеиназ пойкилотермных и гомойотермных организмов. Благодаря именно этим различиям в поведении протеиназ при средней продолжительности инкубации многие исследователи обнаруживают так называемые «холодолюбивые» ферменты. Наконец, на заключительном участке графика, соответствующем длительным периодам инкубации мы обнаруживаем, что количество разрывов пептидных связей будет несколько выше при низкой температуре. Три этих участка одного и того же графика, условно, соответствуют трем понятиям оптимума активности ферментов: биохимическому, технологическому и физиологическому.

Таким образом, определяемый экспериментально температурный оптимум зависит от продолжительности инкубации и может колебаться в значительных пределах.

2. Очевидно, существуют некоторые различия в пространственной структуре белков обитателей холодных морей и наземных теплокровных существ, которые обеспечивают возможность их существования в качественно различных природных средах. Эти биохимические отличия, на наш взгляд, обеспечивают некоторые сдвиги в «кажущемся температурном оптимуме» работы ферментов обитателей холодных морей, однако эти сдвиги весьма ограничены. Возможно, дело в том, что химическая эволюция, взявшая старт значительно раньше, чем биологическая эволюция, привела к образованию практически совершенных ферментов с термодинамической точки зрения. Именно по этой причине, оптимальная температура для жизнедеятельности психрофильных организмов и оптимальная температура для работы их ферментных систем не совпадают по значению и по сути это разные понятия.

3. Термин «психрофильный», принятый для описания организмов, предпочитающих холодную среду обитания, не должен автоматически распространяться на ферменты, выделенные из этого организма. Мы считаем, что более корректно для таких ферментов использовать термины «криорезистентный», «холодоадаптированный» или «холодоустойчивый», подчеркивая тем самым, существенную разницу между оптимальной температурой для существования организма и «кажущимся температурным оптимумом» для работы его ферментных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кнорре Д.Г., Мызина С.Д. Биологическая химия. – М.: Высш. Школа. - 2002 – 479 с.
2. Мухин В. А., Новиков В. Ю. Ферментативный гидролиз белков ракообразных Баренцева моря // Прикладная биохимия и микробиология. – 2001. – Т. 37, № 5. – С. 633–638.
3. Baе E, Phillips GN Jr. Structures and analysis of highly homologous psychrophilic, mesophilic, and thermophilic adenylate kinases // J Biol Chem- 2004- 279, P. 28202–28208.
4. Barghini P., Moscatelli D., Garzillo A. M. V., Crognale S., Fenice M. High production of cold-tolerant chitinases on shrimp wastes in bench-top bioreactor by the Antarctic fungus *Lecanicillium muscarium* CCFEE 5003: Bioprocess optimization and characterization of two main enzymes // Enzyme and Microbial Technology. – 2013. – Vol. 53, No. 5. – P. 331-338.
5. Del-Cid A., Ubilla P., Ravanal M.-C., Medina E., Vaca I., Levicán G., Eyzaguirre J., Chávez R. Cold-active xylanases produced by fungi associated with Antarctic marine sponges // Appl. Biochem. Biotechnol. – 2014. – Vol. 172, No. 1. – P. 524-532. <https://doi.org/10.1007/s12010-013-0551-1>
6. Duarte A. W. F., dos Santos J. A., Vianna M. V., Vieira J. M. F., Mallagutti V. H., Inforsato F. J., Wentzel L. C. P., Lario L. D., Rodrigues A., Pagnocca F. C., Pessoa Junior A., Durães Sette L. Cold-adapted enzymes produced by fungi from terrestrial and marine Antarctic environments, // Critical Reviews in Biotechnology. – 2017. – P. 1-20. <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1379468>.
7. Cipolla A, Delbrassine F, Da Lage JL, Feller G. Temperature adaptations in psychrophilic, mesophilic and thermophilic chloride-dependent alpha-amylases. – 2012 - Biochimie 94 (9), P. 1943–1950. <https://doi:10.1016/j.biochi.2012.05.013>
8. Hartley B. S. Homologies in serine proteinases // Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B. Biological Sciences. - 1970. - V. 257, N 813. P. 77-87. <https://doi:10.1098/rstb.1970.0010>.
9. Gildberg A. Aspartic proteinases in fishes and aquatic invertebrates // Comp. Biochem. Physiol.- 1988.- Vol. 91 B, No. 3.- P. 425-435.
10. Ikeo K., Takahashi K., Gojobori T. Molecular evolution of serine proteases with kringle structures // J. Cell Biochem. - 1994.- Suppl. 18 d.- P.156.
11. Feller G, Gerday C. Psychrophilic enzymes: hot topics in cold adaptation. // Nat Rev Microbiol -2003 - P. 200–208.
12. Fenice M., Selbmann L., Di Giambattista R., Federici F. Chitinolytic activity at low temperature of an Antarctic strain (A3) of *Verticillium lecanii* // Res. Microbiol. – 1998. – Vol. 149, No. 4. – P. 289-300. [https://doi.org/10.1016/S0923-2508\(98\)80304-5](https://doi.org/10.1016/S0923-2508(98)80304-5)
13. Florczak T, Darochb M, Wilkinson MC, et al. Purification, characterisation and expression in *Saccharomyces cerevisiae* of LipG7 an enantioselective, cold-adapted lipase from the Antarctic filamentous fungus *Geomyces* sp. P7 with unusual thermostability characteristics. Enzyme Microb Technol. - 2013 – Vol.53 – P. 18–24.
14. Foltmann B. Gastric proteinases-structure, function, evolution and mechanism of action // Essays Biochem. - 1981. - V. 17. P. 52-84.
15. Hartley B. S. Homologies in serine proteinases // Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B. Biological Sciences. - 1970. - V. 257, - N 813. - P. 77-87. <https://doi.org/10.1098/rstb.1970.0010>.
16. Krishman A.; Alias S. A.; Wong C. M. V. L., Pang K.-L.; Convey P. Extracellular hydrolase enzyme production by soil fungi from King George Island, Antarctica // Polar. Biol. – 2011. – Vol. 34, No. 10. – P. 1535-1542. <https://doi.org/10.1007/s00300-011-1012-3>
17. Margesin R., Gander S., Zacke G., Gounot A. M., Schinner F. Hydrocarbon degradation and enzyme activities of cold-adapted bacteria and yeasts // Extremophiles. – 2003. – Vol. 7, No. 6. – P. 451-458. <https://doi.org/10.1007/s00792-003-0347-2>

18. Papaleo E., Olufsen M., De Gioia L., Bransdal B. O. Optimization of electrostatics as a strategy for cold-adaptation: a case study of cold- and warm-active elastases // J. Mol. Graph. Model. - 2007.- V. 26, N 1. - P. 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.jmgm.2006.09.012>.
19. Paredes DI, Watters K, Pitman DJ, Bystriff C, Dordick JS Comparative void-volume analysis of psychrophilic and mesophilic enzymes: structural bioinformatics of psychrophilic enzymes reveals sources of core flexibility. // BMC Structural Biology. – 2011 - Vol. 11, 42 p.
20. Ramli A. N. M., Mahadi N. M., Rabu A., Rabu A., Murad A. M. A., Bakar F. D. A., Ilias R M. Molecular cloning, expression and biochemical characterization of a cold-adapted novel recombinant chitinase from *Glaciozyma antarctica* PI12 // Microb. Cell. Fact. – 2011. – Vol. 10. – P. 94 (13 p.). <https://doi.org/10.1186/1475-2859-10-94>
21. Struvay C., Feller G. Optimization to low temperature activity in psychrophilic enzymes // Int. J. Mol. Sci. - 2012. - V. 13. N 9. - P. 11643-11665. <https://doi.org/10.3390/ijms130911643>
22. Turkiewicz M, Pazgier M, Donachie SP, et al. Invertase and a-glucosidase production by the endemic Antarctic marine yeast *Leucosporidium antarcticum*// Polish Polar Research – 2005 – Vol. 26 – P. 125–136.

REGULARITY OF FUNCTIONING OF DIGESTIVE PROTEINASES OF POIKILO- AND HOMIOYOTHERMAL ANIMALS AT DIFFERENT TEMPERATURES

¹Rysakova Kira Sergeevna, candidate of biological sciences, researcher
Mukhin Vyacheslav Anatolyevich, Doctor of Biological Sciences, Head of the Polar Branch
of the VNIRO, (PINRO named after NM Knipovich)
Novikov Vitaly Yurievich, candidate of chemical sciences, leading researcher
Baryshnikov Andrey Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory

Polar branch of the FSBSI “VNIRO”, PINRO named after N.M. Knipovich,
Murmansk, Russia, e-mail: ¹rysakova@pinro.ru

The main idea of the search was to find enzymes with unique psychrophilic properties. By the example of proteolytic enzymes from the hepatopancreas of king crab and pig pancreas, it was shown that there is no absolute temperature optimum for the manifestation of maximum enzyme activity, and the value of the “apparent optimum temperature” depends mainly on the duration of incubation and can vary widely.

УДК 664.66.016

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОДУКТОВ

Середа Наталья Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры теории механизмов
и машин и деталей машин

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: natalya.sereda@klgtu.ru

Изучены конструкции устройств, применяемых для определения структурно-механических свойств пищевых продуктов. Предмет исследования – анализ схем приложения сил в названных устройствах. Выяснено, что упомянутые устройства содержат как ручной, так и механический привод. При этом механический привод часто включает ременную и зубчато-реечную передачи.

Рабочий орган устройств, используемых для определения структурно-механических свойств пищевых продуктов, представляет собой индентор, взаимодействующий с исследуемым продуктом.

Одна из задач исследования, направленного на оценку качества хлебцев по показателю хрупкости, связана с изучением конструкции приборов, используемых для определения структурно-механических свойств пищевых продуктов и анализом схем приложения сил в этих приборах. Существуют приборы [3, 4] для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов типа студней, желе. Такие приборы содержат механический привод, состоящий из электродвигателя, ременной и зубчато-реечной передач. Вал электродвигателя посредством муфты соединен с быстроходным валом, на котором размещен ведущий шкив ременной передачи. Ведомый шкив посредством шпонки установлен на тихоходном валу. Названный вал содержит также шестерню, взаимодействующую с зубчатой рейкой. Упомянутые шестерня и зубчатая рейка образуют зубчато-реечную передачу. Рейка зубчато-реечной передачи жестко связана со штоком, совершающим возвратно-поступательное движение. Шток через датчик силы соединен с индентором, взаимодействующим со студнеобразным или желеобразным пищевым продуктом. Схема приложения сил к пищевому продукту в этих приборах вызывает растяжение, сжатие пищевого продукта. Известно устройство для определения нежности мяса [5]. Устройство (см. рис. 1) содержит червячную и винтовую передачи.

Червяк червячной передачи соединен с валом электродвигателя и взаимодействует с червячным колесом 3. В состав винтовой передачи входит винт 1, закрепленный на одном валу с червячным колесом 3, и гайка 2. Названная гайка 2 содержит два кронштейна 4, размещенные по ее бокам и смонтированные с ней зацело. Концевая часть каждого кронштейна имеет отверстия, в которые вставлены втулки 7. Стержень 8, установленный вертикально, образует подвижные кинематические пары с упомянутыми втулками 7. Нижний конец стержня 8 снабжен индентором 9. Он предназначен для взаимодействия с образцом пищевого продукта 6. Названный образец размещается на столике 5.

Индентор 9 погружается в анализируемый пищевой продукт. Глубина такого погружения звена 9 измеряется двумя шкалами, одна из которых является подвижной 10, другая – неподвижной 11. Динамометр растяжения 12 предназначен для измерения нагрузки, характеризующей сопротивление погружению звена 9 в продукт. Соединительные планки 13 и 14 названного динамометра жестко связаны со стержнем 8 и верхним кронштейном 4 соответственно. Схема приложения сил к пищевому продукту в рассматриваемом устройстве также вызывает сжатие пищевого продукта.

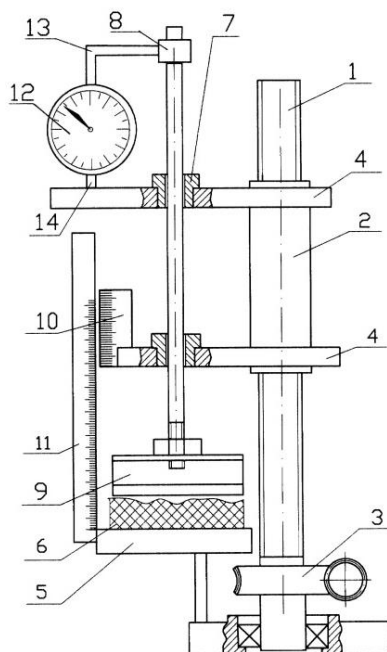


Рис. 1. Прибор для определения нежности мяса [8]

Существуют приборы для определения структурно-механических свойств вязко-пластичных пищевых продуктов [6, 7]. Как правило, с помощью приборов по патентам [6, 7] определяют структурно-механические свойства фарша, используемого для приготовления колбасных изделий, а также упомянутые свойства у сыра и творога. Такие приборы содержат шток, жестко связанный в верхней своей части с поршнем, а в нижней части – с индентором, предназначенным для взаимодействия с пищевым продуктом. Поршень штока образует поступательную кинематическую пару с цилиндром. Шток посредством пальца входит в высшую кинематическую пару с рычагом, жестко связанным со стрелкой измерительного приспособления. Названный рычаг образует вращательную кинематическую пару со стойкой.

Приборы по патентам [6, 7] работают следующим образом. При возвратно-поступательном движении индентора вниз рычаг поворачивается относительно стойки на некоторый угол, увлекая за собой стрелку измерительного приспособления. Схема приложения сил к пищевому продукту в рассматриваемом приборе вызывает растяжение, сжатие пищевого продукта.

Известен ряд устройств для исследования структурно-механических свойств зерновых культур [8 – 11]. Эти устройства имеют разную конструкцию, при этом схема приложения сил к пищевому продукту в названных приборах вызывает растяжение, сжатие такого продукта.

Известен прибор Строганова для определения прочности сухих макаронных изделий (рис. 2). В этом приборе станина 1 и весы 3 образуют единую конструкцию. На станине закреплена стойка 2. Со стойкой связана площадка 9, на которой жестко укреплены две опоры 8, находящиеся друг от друга на фиксированном расстоянии 150 мм. Опоры 8 в верхней своей части имеют вильчатую прорезь. В эту прорезь укладывается анализируемый образец макаронного изделия. Нагрузка прикладывается в середине названного изделия посредством винта 6 с наконечником 7. Винт 6 приводится в движение с помощью штурвала 5 и рукоятки 4. Макаронное изделие нагружается до разрушения. Числовое значение разрушающей нагрузки определяется посредством стрелки весов 3. В названном приборе схема приложения сил аналогична шарнирно-опертой балке, нагруженной силой, сосредоточенной в середине этой балки. Роль балки выполняет хрупкое макаронное изделие [2]. Таким образом, макаронное изделие испытывает изгиб в процессе работы прибора.

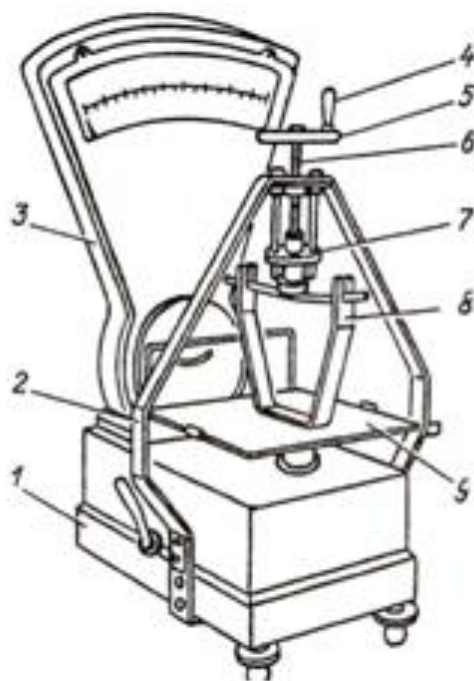


Рис. 2. Прибор Строганова

Существует устройство для измерения прочности макаронных изделий по патенту № 1742718 (рис. 3). В этом приборе на станине 1 установлены весы 2 (силоизмерительный механизм) с двумя стрелками: рабочей 3 и контрольной 4. Имеется устройство компенсации массы образца 5. Левая чашка весов 6 предназначена для груза 8, на правой чашке 7 имеется испытательный стол 9 с опорами 10 и 11. Опоры подвижные. На опорах размещается макаронное изделие 15. Изделие

нагружается с помощью плунжера 13, приводимого в движение реверсивным приводом. Испытательный стол снабжен линейками 14 для измерения кривизны (прогиба) изделия. Контрольная стрелка прибора 4 вначале устанавливается на нулевое значение, используя устройство компенсации массы изделия.

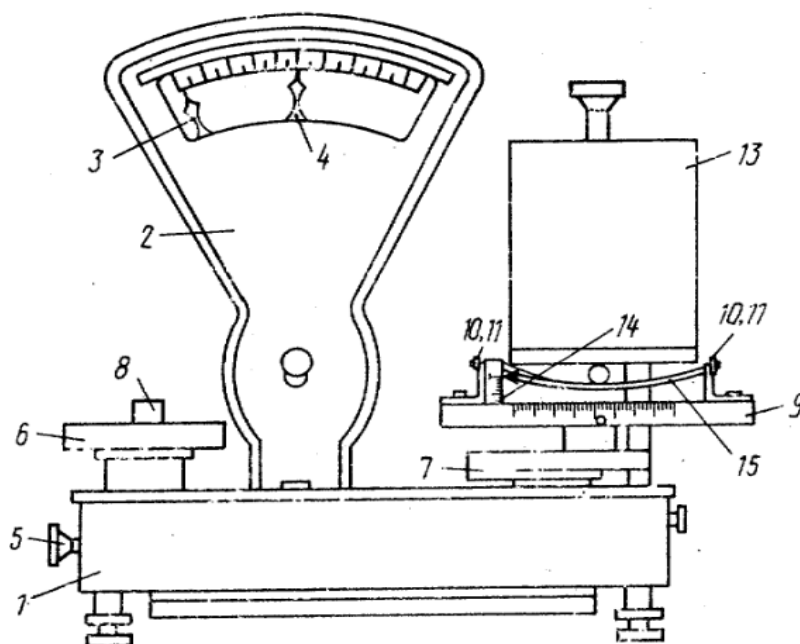


Рис. 3. Прибор для измерения прочности макаронных изделий по патенту РФ № 1742718

Рабочая стрелка 3 регистрирует увеличение нагрузки при контакте плунжера с макаронным изделием. В момент разрушения образца рабочая стрелка возвращается к нулевому значению, а контрольная стрелка указывает на значение разрушающей нагрузки [1].

В приборе по рис. 2 схема приложения сил аналогична шарнирно-опертой балке, нагруженной силой, сосредоточенной в середине. В качестве балки взято макаронное изделие. Таким образом, макаронное изделие также испытывает изгиб в процессе работы этого прибора.

Посредством выполненного анализа конструкций приборов, предназначенных для определения структурно-механических свойств продуктов типа студней, желе, мяса, сыра, творога, зерна и др. показано, что схемы приложения сил к пищевому продукту вызывают растяжение, сжатие, либо изгиб таких продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 1742718. № 4794255/13. Прибор для измерения прочности макаронных изделий / Беликов В.С., Васин М.И., Емцева И.Б., Жабина С.Б.; заявл. 20.02.1990; опубл. 23.06.1992, Бюл. № 23. 5 с.
2. Пат. 2264623. № 2004129947/13. Способ определения прочности сухих макаронных изделий / Черных В.Я., Артемьева Е.В. и др.; заявл. 15.10.2004; опубл. 20.11.2005, Бюл. № 32. 8 с.
3. А.с. 807175. № 2737019/28-13. Прибор для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов / Ширин Н.И., Сосновский Л.А.; заявл. 24.01.1979; опубл. 23.02.1981, Бюл. № 7. 8 с.
4. А.с. 1541507. № 4286799/28-13. Устройство для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов / Кудряшов Л.С., Ильиных В.В.; заявл. 17.07.1987; опубл. 07.02.1990, Бюл. № 5. 4 с.
5. Пат. 2183318. № 2000120080/28. Устройство для определения структурно-механических свойств пищевых продуктов / Борисенко А.А., Ширяева Е.А., Канес М.Ю., Шипилов Е.В.; заявл. 27.07.2000; опубл. 10.06.2002, Бюл. № 18. 5 с.
6. А.с. 731373. № 2583264/28-13. Устройство для исследования структурно-механических свойств вязко-пластичных продуктов / Косой В.Д., Звонов О.В., Титов Е.И., Якушин В.М., Кашелкин О.Н.; заявл. 21.02.1978; опубл. 30.04.1980, Бюл. № 16. 4 с.

7. А.с. 873124. № 2897552/28-13. Устройство для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов / Косой В.Д., Катюхин В.С., Ариас-Вихиль А.; заявл. 02.04.1980; опубл. 15.10.1981, Бюл. № 38. 8 с.

8. А.с. 591759. № 2376134/28-13. Прибор для исследования структурно-механических свойств сельскохозяйственных культур / Ерман А.С., Колпащиков В.П., Зюзин В.И., Файбушевич Г.З.; заявл. 15.06.1976; опубл. 05.02.1978, Бюл. № 5. 6 с.

9. А.с. 565252. № 2130285/28. Устройство для определения механических свойств зерновых культур / Дешко В.И., Кукта Г.М., Тенцук Д.М.; заявл. 29.04.1975; опубл. 15.07.1977, Бюл. № 26. 4 с.

10. А.с. 1529104. № 4285171/30-13. Устройство для определения физико-механических свойств пищевых материалов / Шелишпанский Б.В., Ферманян В.Д., Сервианов А.В., Девинсон А.С., Зайцев И.В.; заявл. 15.07.1987; опубл. 15.12.1989, Бюл. № 46. 4 с.

11. А.с. 1281975. № 3880592/25-28. Стенд для определения прочности зерна / Елисеев Ю.Я., Кравченко В.С., Гурьянов А.А., Куцеев В.В.; заявл. 08.04.1985; опубл. 07.01.1987, Бюл. № 1. 5 с.

ANALYSIS OF DEVICE DESIGNS FOR DETERMINING THE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FOOD PRODUCTS

Sereda Natalya Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Theory of Mechanisms and Machines and Machine Parts

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university", Kaliningrad, Russia,
e-mail: natalya.sereda@klgtu.ru

The article studies the design of devices used to determine the structural and mechanical properties of food products. The subject of the study is the analysis of the schemes of application of forces in these devices. It is shown that the mentioned devices contain both a manual and a mechanical drive. In this case, the mechanical drive includes a belt and rack-and-pinion transmission. The working body of devices used to determine the structural and mechanical properties of food products is an indenter that interacts with the food product under study.

УДК 637:664

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ КОПТИЛЬНОГО ГЕЛЯ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТА КРАСНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

¹Сушина Анастасия Дмитриевна, аспирант

²Мезенова Ольга Яковлевна, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»,
Калининград, Россия, e-mail: ¹nastenka-1997@bk.ru; ²mezenova@klgtu.ru

*Исследован процесс получения коптительного геля на основе коптительного препарата «Жидкий дым» и экстракта красных водорослей Балтийского моря *Furcellaria Lumbriicalis*. Образующаяся композиция содержит основные коптительные компоненты, биологически активные вещества водорослей и полисахариды, повышающие ее вязкость и адгезию. В коптительном геле изучены адгезионные свойства и органолептические показатели. В модельных экспериментах оценена возможность применения коптительного геля для адгезионного бездымного копчения рыбы горячим и холодным способом.*

Выпуск безопасной копчёной рыбной продукции повышенной биологической ценности по экологически чистым технологиям является одной из основных задач рыбокопильных производств. Современные производители для повышения конкурентоспособности копченой рыбопродукции стремятся к минимизации в ней канцерогенных соединений, образующихся при пиролизе древесины, оптимизации содержания ключевых копильных соединений и наличию биологически ценных и функциональных компонентов, обуславливающих основные эффекты копчения [1].

Перспективным направлением совершенствования копильного производства является использование обогащенных компонентами красных водорослей бездымных копильных препаратов на водной основе, с применением которых возможно получать продукт с желаемыми показателями качества за счет одноразовой иммерсионной обработки. Обогащенная копильная среда, обладающая повышенными адгезионными свойствами за счет полисахаридов водорослей, обеспечивает нанесение на поверхность рыбы заданные количества копильных, структурообразующих, красящих, вкусоароматических и других функциональных ингредиентов по безотходной технологии.

Для обогащения традиционных копильных препаратов и получения копильного препарата с повышенными адгезионными свойствами актуальным представляется использование красной водоросли Балтийского моря *Furcellaria Lumbricalis*. Данный вид водорослей богат сульфатированными полисахаридами, минеральными веществами, витаминами, органическими и неорганическими кислотами и другими парафармацевтиками. Химический состав высушенной фуцеллярии (% к массе сухого вещества): вода 14,5, белок 24,4, полисахариды 43,9, зола 14,9. Содержание легкогидролизуемых полисахаридов составляет 39,5%, трудногидролизуемых полисахаридов 4,4%. Благодаря легко гидролизуемому водорастворимым полисахаридам, экстрагируемым водой, можно повысить адгезионно-вязкостные показатели копильного препарата и его функциональные свойства [2].

На территории Калининградской области, в ареале Балтийского моря, ежегодно происходят выбросы макрофитов, в том числе водоросли *Furcellaria Lumbricalis*, которая, несмотря на ценный химический состав, практически не используется в промышленных целях. Красные водоросли имеют высокое содержание каррагинанов, относящихся к биологически активным компонентам, а также минеральных веществ (калия, натрия, кальция, магния, йода и др.). Они богаты витаминами группы В и С. В их состав входят такие красящие пигменты, как фикоэритрин, фикоцианин и аллофикоцианин, обладающих антиоксидантными свойствами [3].

В бездымном копчении рыбы перспективны копильные препараты в форме копильных гелей, которые применяют для так называемого «ламинированное» копчение. Наносить такие гели на поверхность рыбы достаточно только один раз в отличие от обычных водных растворов копильных препаратов, обладающих низкими адгезионными свойствами, что требует многократной обработки поверхности рыбы. Копильный гель при обезвоживании превращается в биопленку, выполняющую барьерную функцию, усиливая красящие, антисептические и антиоксидантные свойства копильных компонентов, что способствует интенсификации окрашивания, пролонгированному хранению готовой продукции. Удлинение сроков хранения особенно актуально для рыбы горячего копчения, для которой стандартный срок годности регламентирован только 72 часами.

С 2020 года в нашей стране наблюдается рост производства копчёных продуктов по сравнению с 2019 годом в среднем на 7%, что свидетельствует о росте популярности данного вида продукции среди российского потребителя [4]. В этой связи создание бездымных копильных сред с повышенными функциональными свойствами для приготовления копченой рыбы повышенного качества представляется перспективным направлением, которое позволяет не только повысить их безопасность за счет снижения содержания полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), но и создать копчености с новыми гастрономическими свойствами.

Целью работы являлось исследование процесса водной экстракции красных водорослей Балтийского моря *Furcellaria Lumbricalis* с объединением полученного экстракта с копильным препаратом «Жидкий дым» для получения копильного геля с повышенной вязкостью, заданными адгезионным и органолептическим свойствам.

Основными задачами, решаемыми для достижения цели, являлись: установление зависимостей между продолжительностью экстрагирования водорастворимых веществ из водорослей и показателями качества копильного геля, в том числе адгезионной способностью; изучение процесса нанесения копильного геля на поверхность рыбы и его «поведения» в модельных экспериментах, приближенных к холодному и горячему копчению.

Основные эксперименты проводились на кафедре пищевой биотехнологии КГТУ. Первоначально была разработана ориентировочная схема получения копильного геля, которая уточнялась по мере накопления экспериментальных данных. Согласно данной схеме целевой копильный гель представляет собой пищевую функциональную систему, в которой помимо копильных ингредиентов присутствуют водорастворимые органические соединения фуцеллярии (пигменты, минеральные вещества, органические кислоты) и природный полисахарид каррагенан – фуцелларан - гелеобразователь, способствующий повышению вязкости раствора, улучшающий адгезию раствора и способствующий образованию тонкой пленки на поверхности пищевого изделия (рыбы).

В качестве сырья использовали высушенные и измельченные водоросли Балтийского моря *Furcellaria Lumbricalis*, собранные в ноябре 2020 года на мысе Таран в п. Донское (рис. 1). Водоросли хранились в высушенном виде при температуре плюс 20-27 °С. Водоросли первоначально замачивали в воде при температуре 70-80 °С для набухания в соотношении 1:10 с получением студнеобразной фракции. После набухания водоросли взвешивались, а в образующуюся студнеобразную водную массу вносился копильный препарат (КП) «Жидкий дым» (ТУ 10.89.19-037-55482687-2017). При добавлении к водному водорослевому раствору копильного препарата формируются новые органолептические характеристики, в том числе повышаются прочностные показатели копильной среды и появляются специфические вкусо-ароматические оттенки. В процессе экспериментов варьировали различные соотношения массовых долей водорослей, воды и копильного препарата.

Преимуществом водорослевой экстракции в водной среде является получение водорослевого геля коричневого цвета повышенной вязкости с фиксируемыми показателями качества. В настоящее время водорослевые гели на основе фуцеллярии пока не применяются в технологии копчения рыбы, что объясняется отсутствием научно обоснованных данных по образующейся пищевой системе. Получение таких данных позволило бы оценивать перспективность использования копильно-водорослевого геля в различных сферах пищевой промышленности.



а)



б)

Рис. 1. Водоросли *Furcellaria Lumbricalis*
(а-свежая, б-высушенная)

В процессе исследования проверялись показатели вязкости образующихся гелей в относительных безразмерных единицах на экспресс-анализаторе консистенции ЭАК-1М (рис.2). Рациональным значением вязкости копильного геля считали величины от 17 до 25 ед. Гель с данными характеристиками образовывал на модельной поверхности ровные пленки с высокой адгезией. При более высоком значении вязкости гель ложится неровно и образует сгустки, при более низком показателе вязкости имеет место пониженная адгезия с образованием капель при стекании.



Рис. 2. Экспресс-анализаторе консистенции ЭАК-1М

Исследования различных видов коптильных препаратов показали колебания содержания основных групп коптильных компонентов в следующих пределах: фенолов 1,48 – 13,25 мг %, органических кислот 2,30 – 17,45 %, карбонильных соединений 0,53 – 24,81 мг %. Рациональными показателями содержания коптильных веществ в коптильных препаратах при нанесении их на поверхность рыбы считаются: массовая доля соответственно фенольных, карбонильных и кислотных соединений 2,5-4,8 мг%, 16,7-22,4 мг% и 12-14% [1]. Физико-химические показатели использованного КП «Жидкий дым», практически совпадающие с рекомендуемыми показателями по содержанию ключевых коптильных веществ, приведены в таблице 1 [5].

Таблица 1

Физико-химические показатели коптильного препарата «Жидкий дым»

Наименование	Значение
Массовая доля органических кислот (в пересчете на уксусную кислоту, не менее, %)	10,0
Массовая доля фенольных соединений, %	2,1-4,5
Массовая доля карбонильных соединений, %	15,0-40,0
pH	2,5-1,5

Экспериментальным путём изучался характер изменения вязкости и показателя pH образцов водорослевого геля от компонентного соотношения: водоросли: воды. Анализировались 3 образца. Значения показателей водорослевого геля в зависимости от соотношения (гидромолуля) «водоросли: вода» приведены в табл. 2. Известно, что рациональными значениями pH водорослевых экстрактов должны быть показатели в диапазоне от 5-8 [3].

Таблица 2

Показатели вязкости и pH образцов водорослевого геля при различных соотношениях: водоросли: вода

Образец геля	Характеристика образца: соотношение водоросли: вода	Вязкость, ед.	pH
1	1:6	15	6,5
2	1:20	10	7,1
3	1:10	12	6,7

По результатам экспериментов было выявлено, что при высоком содержании воды водорослевый гель имеет низкую адгезию и неудовлетворительную вязкость; по мере уменьшения воды в

системе вязкость повышается, но образуются сгустки, нарушающие целостность и органолептические качества водорослевого геля. Высокие плотностные показатели ухудшают качество геля и делают его непригодным для копчения. В связи с этим вводили в рецептуру водорослевого геля коптильный препарата, который увеличивал вязкость геля за счет введения органических коптильных компонентов, взаимодействующих с каррагенанами водорослей и водой, способствуя образованию в системе ионных и ковалентных связей, формирующих прочную и равномерную гелевую сетку, внутри которой удерживается вода.

В процессе экспериментов по отысканию рациональных соотношений между водорослевым гелем и количеством коптильного препарата использовали образцы коптильного геля, образованные при различных соотношениях водорослей, воды и коптильного препарата. Характеристика бти образцов и значения рН полученных гелей приведены в таблице 3.

Таблица 3

Характеристика образцов коптильного геля при различных соотношениях водоросли: вода: КП

Образец геля	Характеристика образца: соотношение водоросли: вода: КП	Вязкость, ед.	рН
1	1:20:10	23	6,5
2	1:20:6	21	6,6
3	1:22:8	23	6,5
4	1:30:10	12	6,4
5	1:20:20	16	6,4
6	1:10:10	37	6,8

Результаты экспериментов по получению коптильного геля показали, что по мере роста доли КП повышается вязкость водорослево-коптильного геля, а также улучшаются его органолептические характеристики.

Зависимость вязкости водорослевой композиции в зависимости от ее качественного состава и продолжительности экстрагирования с учетом наличия в ней количества воды и коптильного препарата приведена на рис. 3.

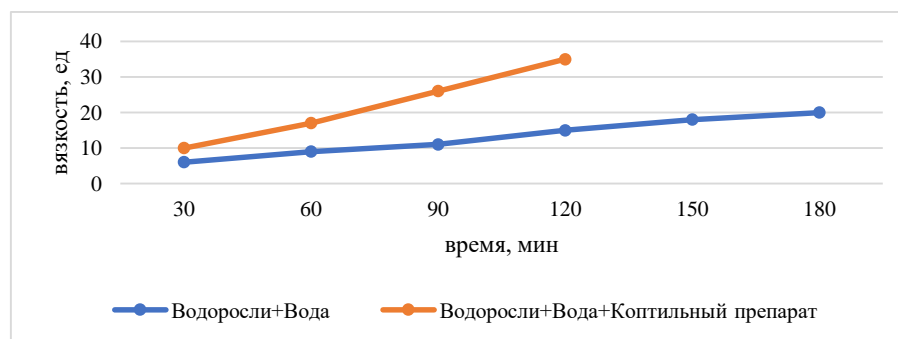


Рис.3. Зависимость вязкости водорослевой композиции от продолжительности экстракции и количества коптильного препарата

Экспериментальным путем установлено, что характер изменения экспериментальных значений зависит от компонентного состава, температуры и длительности жидкостной экстракции. Из данных, представленных на рисунке 3 видно, что водорослевые композиции с КП имеют повышенные вязкостные характеристики относительно водных экстрактов, при этом вязкость водорослево-коптильного геля растет по мере продолжительности экстракции. Таким образом, образование композиции на основе водорослевого экстракта и КП является целесообразным с точки зрения получения гелей с повышенными адгезионными свойствами.

На следующем этапе исследований изучали органолептические свойства образующегося водорослево-коптильного геля и его потенциальные функциональные эффекты при нанесении на поверхность рыбы в модельных экспериментах. Анализу подверглись 6 образцов геля (табл. 4), в которых варьировалось соотношение основных составляющих геля (водоросли: вода: КП).

Соотношение компонентов водорослево-копильного геля

Образец геля	Количество			Температура, °С
	Водоросли, г	Вода, мл	КП, мл	
1	5,0	100	50	74,5
2	5,0	100	30	73,6
3	5,0	110	40	75,1
4	5,0	150	50	74,9
5	5,0	100	100	75,3
6	5,0	50	50	74,9

В качестве рыбного сырья использовались небольшие кусочки филе судака (7х4 см) толщиной 1 см, без кожи, вырезанные из одного и того же места рыбы. Процесс копчения проводился путем окунания кусочков предварительно подсолённой рыбы в копильные гели с последующей обработкой воздухом при температуре 20-25 °С в течение 7-и часов (холодное копчение) и 100 °С в течение 2-х часов (горячее копчение).

В готовых модельных образцах копченой рыбы оценивали органолептические характеристики (внешний вид, цвет, консистенция, запах и вкус), а также степень приближения к показателям рыбы, выкопченной традиционным методом с применением копильного дыма (табл. 5).

Таблица 5

Органолептические показатели модельных образцов копченой рыбы, полученных при обработке водорослево-копильным гелем

Образец геля*	Органолептические показатели копченой рыбы					
	Внешний вид	Цвет	Консистенция	Запах	Вкус и послевкусие	
Горячее копчение						
1	Поверхность чистая, сухая, гель без морщин, равномерно окрашенная	Коричневый	Плотная	Свойственный копченой рыбе	Характерный для рыбы горячего копчения, с некоторым привкусом водорослей	
2	Поверхность чистая, сухая, гель без морщин, окрас с пятнами	Светло-коричневый			Характерный для рыбы горячего копчения, с послевкусием, свойственным водорослевым экстрактам	
3	Поверхность чистая, сухая, гель без морщин, равномерно окрашенная				Характерный для рыбы горячего копчения	
4	Поверхность чистая, сухая, гель с морщинами, неравномерно окрашенная	Неравномерный, светло-коричневый	Мажущая		Характерный для рыбы горячего копчения	
5	Поверхность чистая, сухая, без морщин, равномерно окрашенная	Светло-коричневый				Плотная
6	Поверхность не чистая, с морщинами неровная, с каплями					
Холодное копчение						
1	Поверхность чистая, сухая и равномерная	Золотисто-коричневый	Мажущая	Свойственный копченой рыбе		Характерный для рыбы холодного копчения
2	Поверхность чистая, сухая и равномерная, слабо образованная плёнка					
3	Поверхность геля неровная, заметны сгустки геля					
4						
5						
6						

*Характеристики образцов геля приведены в табл. 4.

Из данных табл. 6 следует, что обработка водорослево-копильным гелем рыбы при параметрах горячего и холодного копчения позволяет получать образцы копченой рыбы, схожие по органолептическим свойствам с традиционно выкопченной рыбой. Это свидетельствует о рациональности предложенной технологии бездымного копчения рыбы, но требует отработки ее режимов относительно характеристик копильного геля и факторов копчения.

На следующем этапе исследований изучали адгезионную способность водорослево-копильного геля на белом стекле размером 19x19 см с гладкой и глянцевой поверхностью. Гель наносили на стекло методом обливания 5 г раствора. Стекло подсушивали воздухом при температуре 20-25 °С в течение 1,5 часов и определяли адгезионные качества образующихся пленок органолептически (табл. 6, 7).

Таблица 6

Характеристики адгезии образцов геля на гладком стекле с глянцевой поверхностью, подсушенных при температуре 20-25 °С

Образец геля*	Описание
1	Пленка не отделяется, ровно ложится, без морщин
2	Пленка не отделяется, ровно ложится, без морщин
3	Пленка не отделяется, ровно ложится, с морщинами
4	Пленка не отделяется, неравномерно ложится, мажущаяся, с потёками
5	Пленка отделяется, не схватывается с поверхностью стекла, неравномерно ложится, с потёками
6	Пленка отделяется, гель очень густой, неравномерный

*Характеристики образцов геля приведены в табл.4.

Таблица 7

Характеристики адгезии образцов геля на рыбных образцах с глянцевой поверхностью, подсушенных при температуре 20-25 °С

Образец геля*	Описание
1	Пленка не отслаивается от стекла, ровно ложится, края гладкие
2	Пленка не отслаивается, ровно ложится, края гладкие, без сгустков
3	Пленка не отслаивается, ровно ложится, края неровные
4	Пленка не отслаивается, гель текучий, края неровные
5	Пленка отслаивается, не схватывается с поверхностью, неровно ложится, гель течёт
6	Пленка не отслаивается, гель очень вязкий, устоял, края пленки плотные

*Характеристики образцов геля приведены в табл.4.

По результатам характеристик геля, образующего пленки на поверхности рыбы и стекла в модельных экспериментах горячего и холодного копчения (табл. 5-7), установлено, что все образцы имеют адгезию с поверхностью рыбы и стекла. При этом под действием различных температур имеет место обезвоживание геля с образованием пленки коричневого цвета, свойственного копченой рыбе. Образующийся внешний вид рыбы с цветом от светло-коричневого до темно-коричневого является характерным для копченой рыбы. В зависимости от количественного соотношения компонентов геля адгезия, влияющая на внешний вид пленок и рыбы, носит разный характер в зависимости от вида копчения.

С учетом полученных данных при исследовании процесса формирования водорослевого-копильного геля рекомендуемым соотношением «водоросли: КП: вода» является 1: 20:10. При данном соотношении наблюдаются наиболее выраженные адгезионные и функциональные свойства образующегося геля. При этом органолептические показатели образцов рыбы холодного и горячего копчения напоминают традиционные эффекты, но с некоторыми особенностями, которые не являются негативными и не портят впечатления от качества образцов. Получаемая рыба имеет более выраженный цвет копчености, на ее поверхности закрепляются не только копильные компоненты, но и биологически активные вещества красных водорослей (минеральные и органические вещества, липиды, витамины, полисахариды), повышающие биологическую ценность готовой продукции. Об-

разующаяся после тепловой обработки геля пленка обуславливает дополнительный барьерный эффект копчения, обусловленный как прямым препятствованием проникновения микроорганизмов в рыбу, так и наличием на в ней дополнительных водорослевых веществ с антиоксидантным и антисептическим эффектом.

Заключение

Результаты экспериментальных исследований показали, что органолептические и функциональные свойства копильного геля, получаемого на основе копильного препарата «Жидкий дым» и экстракта красной водоросли *Furcellaria Lumbricalis*, обуславливаются соотношением основных компонентов в системе. Рекомендуемое соотношение «водоросли: вода: КП» составляет 1: 10:20, при этом образуется копильный гель с высокими адгезионными свойствами, при обработке которым копченая рыба приобретает органолептические характеристики, близкие к традиционным. Копченая рыбная продукция при обработке водорослево-копильным гелем обогащается полезными веществами красных водорослей и потенциально обладает повышенным барьерным эффектом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мезенова О.Я. Технология и методы копчения пищевых продуктов. – Санкт-Петербург, изд-во «Перспект Науки», 2018. – 288 с.
2. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих / Под ред. В.П. Быкова. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 262 с.
3. Подкорытова А.В. Морские водоросли-макрофиты и травы. – М.: Изд-во ВНИРО, 2005. – 175 с.
4. Анализ рынка переработки рыбы и морепродуктов: российские предприятия сохраняют оптимизм // Электрон. дан. Режим доступа URL: <https://fishretail.ru/news/analiz-rinka-pererabotki-ribi-i-moreproduktov-412249> (дата обращения 03.08.2021).
5. Ким Э.Н., Глебова Е.В. Исследование химического состава и технологических свойств современных копильных препаратов // Изв. ТИПРО. – 2008. – С. 356–362.

ESTABLISHING THE DEPENDENCIES OF GEL PRODUCTION DURING ALGAE EXTRACTION

¹Sushina Anastasia Dmitrievna, Ph.

²Mezenova Olga Yakovlevna, Doctor of Technical Sciences, Professor

FSBEI HE "Kaliningrad state technical university",
Kaliningrad, Russia, e-mail: ¹nastenka-1997@bk.ru; ²mezenova@klgtu.ru

*The process of obtaining a smoking gel based on the smoking preparation "Liquid smoke" and an extract of red algae of the Baltic Sea *Furcellaria Lumbricalis* is investigated. The resulting composition contains the main smoking components, biologically active substances of algae and polysaccharides that increase its viscosity and adhesion. The adhesive properties and organoleptic parameters were studied in the smoking gel. In the model experiments, the possibility of using a smoking gel for the adhesive smokeless smoking of fish in a hot and cold way was evaluated.*

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СНЕКОВОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ КАЛЬМАРА С ЧЕРЕМШОЙ

¹Чмыхалова Виктория Борисовна, канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой технологии пищевых производств

Ефимова Марина Васильевна, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры технологии пищевых производств

Ефимов Андрей Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии пищевых производств

Смирнова Александра Александровна, выпускник кафедры технологии пищевых производств

ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»,
Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: ¹chmykhalovav@mail.ru

Кальмар является источником полноценного белка, широко применяется для производства пищевой продукции. Разработка технологии снеков из кальмара с добавлением черемши в качестве барьера является актуальным направлением. Проведены работы по обоснованию технологии сушеной соломки из кальмара с черемшой. Внесение черемши в состав традиционного продукта, кроме органолептических достоинств, обеспечивает стабильность микробиологических показателей при хранении продукции, позволяет выпускать продукцию с пониженным содержанием соли (4–4,4 %), обеспечивает ее длительное хранение (40 суток при температуре 2–6 °С).

Введение

Головоногие моллюски обоснованно считаются ценным объектом океанического промысла. Широкая распространенность, быстрое воспроизводство, высокая плотность скоплений обуславливают значительные объемы добычи кальмара.

Основным представителем промысловых головоногих моллюсков в прикамчатских водах является кальмар. По химическому составу кальмар относится к белковым сырьевым объектам – при содержании белка в тканях 13,4–19,9% [1, с. 18] значение белково-водного коэффициента составляет 0,17–0,25). Коэффициент биологической значимости жира кальмара при низком содержании липидов (до 4,2%) достигает 0,34 [2, с. 21].

Из кальмара приготавливают самую разнообразную пищевую продукцию – кулинарную, сушеную, вяленую, копченую, пресервы и консервы. С ростом популярности у потребителей снековой продукции важной категорией в этой группе стали так называемые морские снеки, в том числе сушеные, вяленые и копченые кольца кальмара, соломка из кальмара. Кальмар считается деликатесом и характеризуется своеобразным приятным вкусом, упругой консистенцией, большинство ценных веществ кальмара сохраняются в процессе сушки.

Однако реализуемые в настоящее время морские снеки отличаются достаточно высоким содержанием соли, что сводит на нет полезность данной продукции как источника полноценного белка. Актуальна разработка технологий снеков, обеспечивающих сохранность продукции при пониженном содержании соли как агента, усиливающего консервирующий эффект ксероанабиоза.

Перспективным направлением является применение в технологии продукции из гидробионтов фитокомпонентов, обладающих консервирующими (антиокислительными, бактериостатическими и бактерицидными свойствами) [3, с. 115]. Введение в состав продуктов из гидробионтов нетрадиционных растительных культур и дикоросов позволяет оказывать значительное влияние на органолептические показатели, протекание реакций окисления, ферментации, цветообразования и др.

Камчатский край известен обширными запасами и разнообразием ценных в пищевом отношении дикоросов, которые широко включает в пищу местное население, в том числе коренные

жители. Особой популярностью как ингредиенты различных кулинарных блюд пользуются такие дикоросы, как черемша, папоротник, борщевик. Однако в промышленных технологиях эти и другие ценные растения пока не нашли достаточно широкого применения.

Черемша (*Allium ursinum*), которую также называют диким чесноком и медвежьим луком, является весьма распространенным дикоросом Камчатки. Обладает огромным набором полезных для организма человека свойств: стимулирует секрецию пищеварительных желез, моторную функцию кишечника, сердечную деятельность, препятствует накоплению в крови холестерина, способствует нормализации кровяного давления и обмена веществ в целом. Давно известно бактерицидное и фунгицидное действие черемши. Растение характеризуется ярко выраженным чесночным запахом, что обусловлено аллиина и эфирным маслом в составе черемши. Черемша отличается высоким содержанием аскорбиновой кислоты (до 0,73%), содержит фитонциды, лизоцим [4, с. 112–113].

При внесении черемши в рецептуру снековой продукции из кальмара можно получить новый продукт с пониженным содержанием соли, употребление которого окажет положительное влияние на организм человека.

Целью проводимого научного исследования является обоснование технологии снековой сушеной продукции из кальмара с черемшой как полифункциональной растительной добавкой.

Материалы и методы исследования

Основным объектом исследований являлась технология снековой продукции – сушеной соломки из кальмара с добавлением черемши. Предметами исследования являлись филе кальмара командорского мороженое, соответствующее требованиям ГОСТ Р 51495–99 [5], черемша, а также готовая продукция – соломка из кальмара сушеная с черемшой.

Основные исследования проводили на базе научных лабораторий кафедры «Технологии пищевых производств» ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

При отборе образцов для определения качества продукции руководствовались указаниями ГОСТ 31339–2006 [6]. Оценку органолептических показателей проводили в соответствии с ГОСТ 7631–2008 [7]. Результаты оценки сопоставляли с показателями качества, приведенными в ГОСТ 32002–2012 [8].

Для расчёта пищевой ценности сушеной соломки из кальмара определяли массовые доли жира, влаги, белка, золы, руководствуясь ГОСТ 7636–85 [9].

Микробиологические показатели продукции определяли в ФГБУ «Камчатская межобластная ветеринарная лаборатория». Пробоподготовку образцов к проведению микробиологических анализов, микробиологические исследования осуществляли в соответствии с ГОСТ 26669–85, ГОСТ 10444.15–94, ГОСТ 31747–2012 [10–12]. Значение КМАФАнМ определяли путем посева продукта в питательную агаризованную среду, инкубирования посевов и подсчета всех выросших видимых колоний. Число колиформных бактерий (БГКП) определяли путем посева разведенной навески продукта в жидкую селективную среду для учета газообразования, а также, при необходимости, пересева культуральной жидкости на поверхность агаризованной среды для идентификации выделенных колоний как колиформных бактерий. Полученные микробиологические показатели сушеной соломки из кальмара сопоставляли с показателями, установленными требованиями действующих технических регламентов (ТР ТС 021/2011 и ТР ЕАЭС 040/2016 [13–14]).

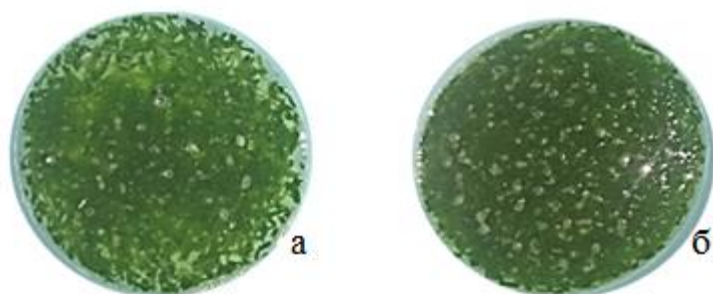
Черемшу заготавливали в июне 2018–2020 годов, фасовали в полиэтиленовые пакеты, замораживали и хранили в бытовой морозильной камере.

Для посола кальмара применяли 20-процентный раствор пищевой соли. При изготовлении экспериментальных образцов продукции черемшу измельчали в бытовом блендере и добавляли в солевой раствор. Внешний вид солевого раствора с добавлением измельченной черемши показан на рисунке 1.

Для проведения исследований приготавливали контрольный и экспериментальные образцы продукции:

- контрольный образец – без добавок;
- Оч-1 – на 1 дм³ солевого раствора 50 г черемши;
- Оч-2 – на 1 дм³ солевого раствора 50 г черемши и 1 г глутамата натрия;
- Оч-3 – на 1 дм³ солевого раствора 100 г черемши;
- Оч-4 – на 1 дм³ солевого раствора 100 г черемши и 1 г глутамата натрия.

Филе кальмара размораживали на столе при температуре окружающего воздуха 18°C до достижения гибкости. Размороженное и промытое филе кальмара нарезали на полоски шириной 7 мм. Полоски погружали в тузлук на 2,5 минуты (рис. 2), затем оставляли для стекания (рис. 3). Продолжительность посола была установлена в результате проведения серии экспериментов. Массовая доля соли в полуфабрикате составляла 1–1,1%.



*Рис. 1. Солевой раствор с добавлением черемши:
а – 50 г на 1 дм³ солевого раствора; б – 100 г на 1 дм³ солевого раствора*



Рис. 2. Полоски кальмара в солевом растворе с добавлением черемши



Рис. 3. Экспериментальные образцы кальмара после посола

После посола и стекания полоски кальмара равномерно раскладывали на сетки электросушилки с инфракрасным обогревом ЭСБИК-1,25/220 «Икар» и сушили при температуре 35°C и скорости движения воздуха 3–5 м/с. По истечении часа процесса сушки сетки вынимали и переворачивали полоски кальмара подсушенной поверхностью вниз во избежание прилипания и неравномерного распределения влаги. Затем сушку продолжали. Спустя 2 часа сушилку отключали и оставляли кальмар для перераспределения влаги на 16 часов (рис. 4). Затем кальмар продолжали сушить до достижения содержания воды в продукте 25–30%. Массовая доля соли в готовом продукте составила 4–4,4%.



Рис. 4. Экспериментальные образцы сушеной соломки из кальмара с черемшой

Результаты исследования

Основным критерием выбора рецептуры сушеной соломки из кальмара с черемшой являлась органолептическая оценка образцов. Приемлемость количества вносимой при посоле черемши определяли по органолептическим показателям готовой продукции. Органолептическую оценку всех образцов сушеной соломки из кальмара осуществляли по 7 показателям (рис. 5).

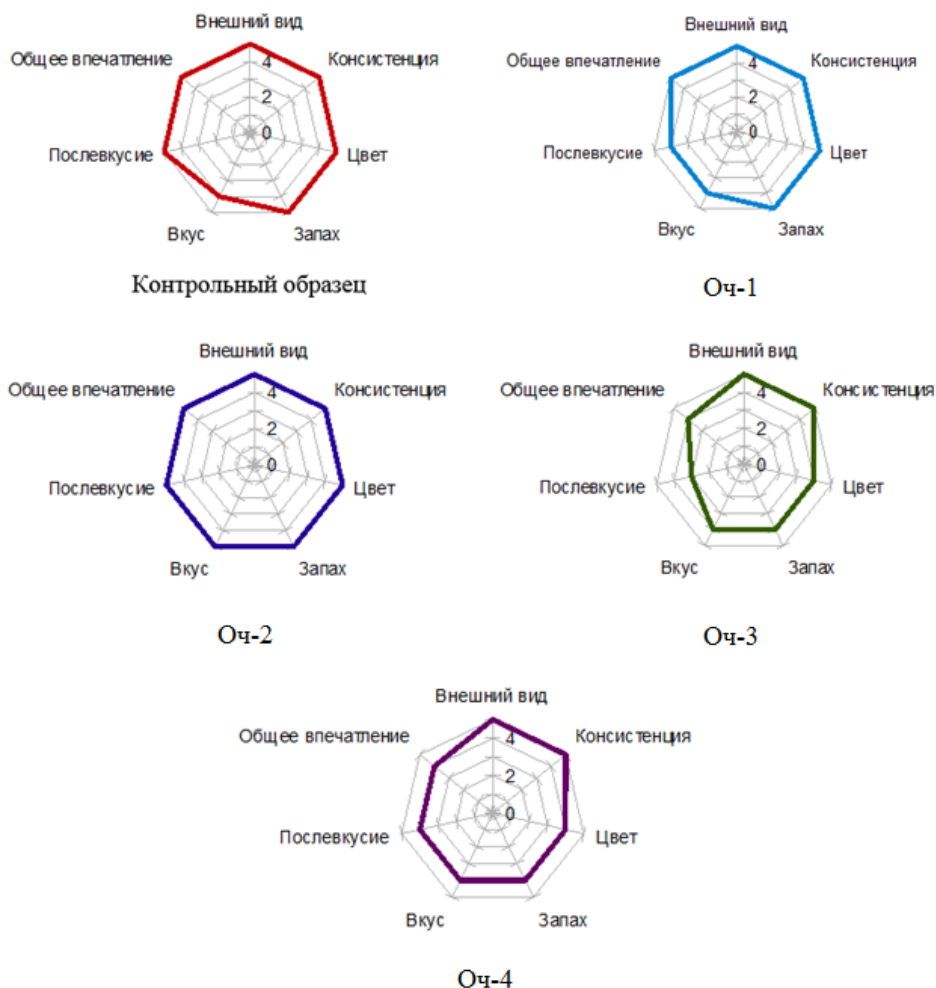


Рис. 5. Профилограммы качества сушеной соломки из кальмара

Как видно из рисунка 5, более высокие органолептические характеристики были определены у экспериментального образца сушеной соломки из кальмара с черемшой Оч-2 с добавлением в солевой раствор черемши в количестве 50 г. Данный образец сушеной соломки из кальмара с черемшой подвергли дальнейшим исследованиям. Образец Оч-2 был приготовлен с применением

глутамата натрия в отличие от образца Оч-1, который характеризовался выраженным послевкусием черемши.

Таким образом, рациональное количество вносимой в солевой раствор черемши составило 50 г на 1 дм³ солевого раствора.

При исследовании пищевой ценности сушеной соломки из кальмара определяли общий химический состав продукта – содержание воды, минеральных веществ, липидов и белка, массовую долю углеводов определяли косвенно (табл. 1).

Таблица 1

Общий химический состав сушеной соломки из кальмара

№ п/п	Наименование образца	Массовая доля, %			
		воды	белка	жира	зола
1	Сушеная соломка из кальмара (контрольный образец)	25,6	67,1	0,9	5,4
2	Сушеная соломка из кальмара с черемшой (экспериментальный образец Оч-2)	26,2	66,7	0,8	5,1

Результаты определения пищевой и энергетической ценности образцов сушеной соломки из кальмара (контрольного и экспериментального Оч-2) приведены в таблице 2.

Таблица 2

Пищевая и энергетическая ценность сушеной соломки из кальмара, на 100 г продукта

№ п/п	Наименование образца	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
1	Сушеная соломка из кальмара (контрольный образец)	25,6	67,1	0,9	5,4
2	Сушеная соломка из кальмара с черемшой (экспериментальный образец Оч-2)	26,2	66,7	0,8	5,1

Степень удовлетворения суточной потребности в основных веществах и энергии при употреблении в пищу 100 г сушеной соломки из кальмара представлена в таблице 3.

Таблица 3

Степень удовлетворения суточной потребности в основных веществах и энергии при употреблении в пищу 100 г сушеной соломки из кальмара

№ п/п	Наименование образца	Степень удовлетворения, %			
		в белке	в липидах	в углеводах	в энергии
1	Суточная потребность [15]	80–100	80–100	400–450	2850
2	Сушеная соломка из кальмара (контрольный образец)	83,9	1,1	0,25	9,84
3	Сушеная соломка из кальмара с черемшой (экспериментальный образец Оч-2)	83,4	1,0	0,3	9,78

Из данных таблицы 3 видно, что суточная потребность в основных нутриентах и энергии при употреблении в пищу сушеной соломки из кальмара с черемшой удовлетворяется несколько ниже, чем при употреблении продукта без добавок. При этом степень удовлетворения суточной потребности в углеводах, напротив, несколько выше, чем у контрольного образца, что объясняется замещением части белковой составляющей в 100 продукции низкобелковым растительным ингредиентом.

С целью установления срока годности сушеной соломки из кальмара с черемшой исследовали изменение органолептических показателей, изменение содержания азота летучих оснований в процессе хранения образцов сушеной соломки из кальмара в полиэтиленовых пакетах при температуре 2–6 °С, а также микробиологические показатели после 30 суток хранения (прогнозируемый срок годности 35 суток).

В течение всего периода хранения продукция характеризовалась высокими органолептическими показателями, однако у контрольного образца на 35 сутки хранения появился порочащий запах, а у экспериментального образца Оч-2 порочащий запах стал ощущаться на 43 сутки.

Изменение содержания азота летучих оснований в сушеной соломке из кальмара в процессе хранения представлено в таблице 4.

Таблица 4

Изменение содержания азота летучих оснований в сушеной соломке из кальмара в зависимости от продолжительности хранения

Сушеная соломка из кальмара (контрольный образец)		Сушеная соломка из кальмара с черемшой (экспериментальный образец Оч-2)	
Продолжительность хранения, сут.	Содержание азота летучих оснований, мг%	Продолжительность хранения, сут.	Содержание азота летучих оснований, мг%
0	18,6	0	18,6
5	18,8	5	18,7
10	19,2	10	18,9
15	19,5	15	19,1
20	20,3	20	19,3
25	21,6	25	19,6
30	23,2	30	20,1
35	25,4	35	21,9
40	28,9	40	23,7

Из таблицы 4 видно, что наиболее значительное изменение содержания азота летучих оснований было отмечено на 30 сутки хранения, причем у экспериментального образца Оч-2 на протяжении всего периода хранения наблюдались менее выраженные изменения.

Результаты микробиологических исследований образцов сушеной соломки из кальмара приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5

Микробиологические показатели сушеной соломки из кальмара по истечении 30 суток хранения

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Норма по ТР ТС 021/2011 и ТР ЕАЭС 040/2016	Результат	
				Сушеная соломка из кальмара (контрольный образец)	Сушеная соломка из кальмара с черемшой (экспериментальный образец Оч-2)
1	КМАФАнМ	КОЕ/г	Не более 5×10^4	$5,2 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$
2	БГКП (колиформы)	В 0,1 г продукта	Не допускается	Обнаружено	Не обнаружено

Таблица 6

Изменение микробиологических показателей сушеной соломки из кальмара с черемшой (образец Оч-2) в зависимости от продолжительности хранения

№ п/п	Наименование показателя	Результат		
		30 суток	35 суток	40 суток
1	КМАФАнМ	$2,1 \times 10^4$	$2,9 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$
2	БГКП (колиформы)	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено

Из данных таблиц 5 и 6 видно, что по истечении 30 суток хранения в сушеной соломке из кальмара без растительных добавок оказались превышенными показатели КМАФАнМ и БГКП, а в экспериментальном образце с черемшой данные показатели оставались в норме на протяжении 40 суток [16], что объясняется бактерицидным действием добавки черемши.

По результатам проведенных исследований установили срок годности сушеной соломки из кальмара с черемшой при температуре 2–6 °С 40 суток.

Таким образом, применение черемши при приготовлении сушеной соломки из кальмара способствует не только формированию у продукта специфического вкусоароматического букета, но и

обеспечивает стабильность микробиологических показателей в нормируемых пределах в процессе хранения.

Проведенные на данном этапе исследования позволили разработать технологическую схему производства сушеной соломки из кальмара с добавлением черемши (рис. 6).

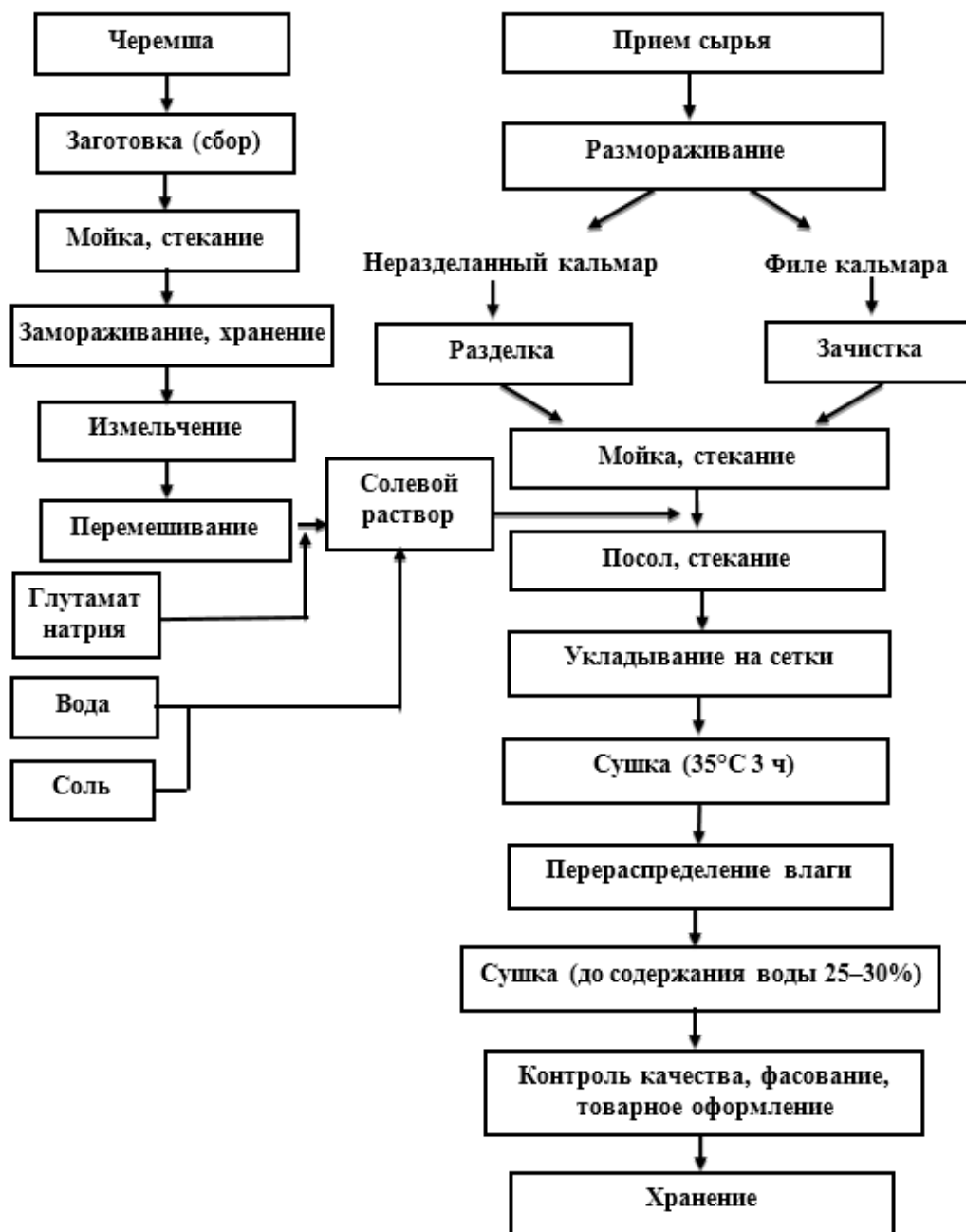


Рис. 6. Технологическая схема производства сушеной соломки из кальмара с черемшой

Заключение

Как итог данного этапа исследования разработана технологическая схема приготовления сушеной соломки из кальмара с черемшой. Добавление черемши в популярную снековую продукцию из кальмара позволяет не только расширить ассортимент, но и придать продукту оригинальные органолептические характеристики (внешний вид, вкус, аромат), внести в продукт весь спектр биологически ценных веществ дикороса, а также обеспечить стабильность микробиологических показателей в нормируемых пределах в процессе хранения. Применение черемши позволяет выпускать продукцию с пониженным, по сравнению с традиционными снеками (до 16 %), содержанием соли – 4–4,4 %.

Органолептическая оценка образцов сушеной соломки из кальмара с черемшой позволила определить рациональное количество вносимой в солевой раствор черемши – 5 г на 1 дм³.

Степень удовлетворения суточной потребности в белке при употреблении 100 г сушеной соломки из кальмара с черемшой в среднем составила 83,4 %, в липидах – 1,0 %, в углеводах – 0,3 %, в энергии ценности – 9,78 %.

На основе результатов органолептических, физико-химических и микробиологических исследований установлен рекомендуемый срок годности сушеной соломки из кальмара с черемшой 40 суток при температуре хранения 2–6 °С.

Сушеную соломку из кальмара с черемшой можно рекомендовать к употреблению широкому кругу потребителей как источник полноценного белка и биологически ценных компонентов, входящих в состав черемши.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов, В.Д. Карпенко, В.И. Норин, Е.Г. Водные биологические ресурсы Камчатки: Биология, способы добычи, переработка. – Петропавловск-Камчатский: Холдинговая компания «Новая книга», 2005. – 264 с.
2. Биотехнология рационального использования гидробионтов: Учебник / под ред. О.Я. Мезеновой. – СПб.: Лань, 2013. – 416 с.
3. Барьерная технология гидробионтов: Учебное пособие / Г.Н. Ким, Т.М. Сафронова, О.Я. Мезенова, С.Н. Максимова, И.Н. Ким; под ред. Т.М. Сафроновой. – СПб.: Проспект Науки, 2011. – 336 с.
4. Сметанин, А.С. Богоявленский, В.Ф. Примечательные растения из природной флоры Камчатки. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во ГУП ИПК Дальпресс, 2000. – 212 с.
5. ГОСТ Р 51495–99 Кальмар мороженный. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2010. – 10 с.
6. ГОСТ 31339–2006 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. – М.: Стандартинформ, 2010. – 11 с.
7. ГОСТ 7631–2008 Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. – М.: Стандартинформ, 2011. – 16 с.
8. ГОСТ 32002–2012 Кальмар сушеный. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.
9. ГОСТ 7636–85 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2010. – 125 с.
10. ГОСТ 26669–85 Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов. – М.: Стандартинформ, 2010. – 10 с.
11. ГОСТ 10444.15–94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – М.: Стандартинформ, 2010. – 7 с.
12. ГОСТ 31747–2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). – М.: Стандартинформ, 2013. – 15 с.
13. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». – Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 09 декабря 2011 года № 880. – 242 с.
14. ТР ЕАЭС 040/2016 Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции». – Принят Решением Совета евразийской экономической комиссии от 18 октября 2016 года № 162. – 63 с.
15. МР 2.3.1.1915-04 Методические рекомендации. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ [Электронный ресурс] // Министерство здравоохранения Российской Федерации [Офиц. сайт]. URL: <http://www.minzdravsoc.ru/docs/mzsr/letters/204> (дата обращения: 08.09.2021).
16. МУК 4.2.1847 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 31 с.

JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGY OF SNACK PRODUCTS FROM SQUID WITH WILD GARLIC

¹Chmykhalova Victoria Borisovna, candidate of sciences. biol. sci., assistant professor, head of the department of "Food production technologies"

Efimova Marina Vasilyevna, candidate of sciences. biol. sci., assistant professor, assistant professor of the department of "Food production technologies"

Efimov Andrey Anatolyevich, candidate of technical sciences, assistant professor, assistant professor of the department of Food production technologies

Smirnova Alexandra Aleksandrovna, graduate of the department of "Food production technologies"

Kamchatka State Technical University,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, e-mail: ¹chmykhalovav@mail.ru

Squid is a source of complete protein and is widely used in food production. The development of the technology of squid snacks with the addition of wild garlic as a barrier is an urgent direction. Work has been carried out to substantiate the technology of dried squid straws with wild garlic. The addition of wild garlic to a traditional product, in addition to its organoleptic qualities, ensures the stability of microbiological indicators during storage of products, allows the production of products with a reduced salt content (4–4,4 %), ensures its long-term storage (40 days at a temperature of 2–6 °C).